

SESSION 5 : ARIDOCULTURE BIOLOGIQUE ET PROTECTION DES CULTURES

SOMMAIRE

- Microorganism-associated semiochemicals reduce the size of aphid populations in potato fields (Alabi T., Brostaux Y., Agrigorrescu A., Fischer C., Thonart P., Lognay G., Haubruge E., Francis F., Verheggen F. J.).....	1695
- Effet de l'ensachage sur l'aspect phytosanitaire et qualitatif des dattes dans les oasis du sud tunisien (Bel kadhi Mohamed Sadok, Bekri Amani, Ehsine M'hammed, Aoun Fawzi).....	1703
- Nuisibilité des populations de <i>Bemisia tabaci</i> sur les cultures géothermiques du sud tunisien (BEL KADHI Mohamed Sadok).....	1719
- Evaluation des dégâts provoqués par les différents stades larvaires de <i>Tuta Absoluta</i> (Lepidoptera: Gelichidae) (ETTAIB Refki, BELKHADI Mohamed Sadok, AOUN Faouzi).....	1727
- Utilisation des Triterpènes de <i>Mentha piperita</i> , <i>Capsicum frutescens</i> et <i>Olea europaea</i> en tant que phyto-insecticides contre le Criquet pèlerin <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775) (Tail Ghania, Dilm Amina, Amirouche Nesrine, Kara F.Z.).....	1733
- How to Get Rid of the two spotted spider mites? (Sabrine Attia, Kaouthar Lebdi Grissa, Stéphanie Heuskin, Georges Lognay, Anne Catherine Mailleux, Thierry Hance).....	1739
- Premières observations sur le papillon du grenadier <i>Virachola livia</i> sur les brise-vents d' <i>Acacia</i> au sud Tunisien (Rym Mkaouer, Ezzedine Saadaoui, Mohamed Lahbib Ben Jamaa).....	1749
- Etude du régime alimentaire des populations mâle de criquet pèlerin dans un milieu anthropisé et sa relation avec les changements biométriques des individus (Kara-Toumi Fatma Zohra, Tail G., O.Merah)....	1755
- Evaluation de l'infestation par les criocères des céréales (<i>Oulema spp.</i>) sur six de variétés de blé dur (<i>Triticum durum</i> , Desf.) dans les conditions semis arides de Sétif, Algérie (Rouag N., A. Mekhlouf, M. Makhoulouf).....	1773
- Flavonoid extracts from some medicinal plants for controlling <i>Fusarium oxysporum</i> f. sp. <i>Albedinis</i> (Mebarki Lakhdar, Kaid Harche Meriem, Benlarbi Larbi, Makhoulouf Ahmed, Hadjiedj Rokia, Boulagha Khadra).....	1781
- Monitoring de la maladie de l'enroulement jaune foliaire TYLCD chez la tomate cultivée sous serre géothermique dans le sud tunisien (Sabrine Nahdi, Amani Mathlouthi, Rukaya Ghandour, Mokhtar Elbakkey, Tebra Triki, Belgacem Lachiheb et Sonia Boukhris-Bouhachem).....	1787
- Evaluation de la résistance des quelques accessions tunisiennes de Melon au <i>Fusarium</i> , à l' <i>Oïdium</i> et au Virus de la Mosaïque de Concombre (CMV) (Mokhtar Elbekkay, Hamadi Hamza, Naceur Djebali, Michel Pitrat and Ali Ferchichi).....	1793
- Comparison of chemical composition and bio-insecticidal activity of three <i>Chrysanthemum</i> species essential oils on <i>Tribolium confusum</i> Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) (Haouas Dalila, M. Ben Halima-Kamel Monia, Cioni Pier Luigi, Flamini Guido, Ben Hamouda Mohamed Habib).....	1799
- Rôle de la pie-grièche méridionale <i>Lanius meridionalis</i> dans la lutte contre les ravageurs des plantes en zone aride à Biskra (Algérie) (Ahmed TAIBI, Salaheddine DOUMANDJI).....	1811
- Comportement biologique de <i>Parlatoria blanchardi</i> , cochenille blanche du palmier dattier vis à vis de trois variétés de palmier dattier dans la région de Biskra (Salim Matallah, Mohamed Biche).....	1817
- Symbioses endomycorhizienne et endophytiques de <i>Pistacia vera</i> : cas d'une pistacheraie de M'chedallah (wilaya de Bouira - Algérie) (Abdellaoui K., Smail-Saadoun N., Baghdadi F., Mazouzi D., Behar N., Belkebir-Boukai A.).....	1825
- The effects of Climatic Variability and Change on the activity of the Almond bark beetle <i>Scolytus amygdali</i> in the coastal zone of Mahdia (Asma Zeiri, Mohamad Braham and Mohamad Braham).....	1833
- Etho-écologie de <i>Schistocerca gregaria</i> Forskål, 1775 (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) et <i>Locusta migratoria</i> cinerascens (Orthoptera, Oedipodinae) dans la région d'Adrar, Sud Ouest, Algérie (Aldjia Oudjiane, Atika Guendouz-Benrima, Abdelmadjid Boulassel, Fariza Boussad).....	1839
- Etude des insectes ravageurs dans la région méridionale des Aurès, Algérie sud (Tarai N., Hadad A.).....	1845
- Etude de la diversité des nématodes phytophage de cultures maraichères et l'effet de rotation sur leur développement dans le nord de l'Algérie (Berrabah D., Hammache M., Hoceini F.).....	1851
- La nécessité de remplacer les insecticides par des biopesticides dans le domaine d'agriculture (Saadi L., Matallah R., Lebaili N.).....	1861
- Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles d' <i>Ocimum basilicum</i> vis-à-vis du Criquet pèlerin, <i>Schistocerca gregaria</i> (Forskål, 1775) (Tail Ghania, Kara F.Z.).....	1867
- Evaluation of organically - acceptable insecticide against the mealy aphids of the <i>Hyalopterus pruni</i> complex in almond orchard (Mohamed Braham, Anis Abbes and Dhia Benchehla).....	1873
- Le feu bactérien des rosacées fruitières a pépins dans la wilaya de Saida, Algérie (Yahiaoui Fatima Zohra, Bekkouche Assai, Kerrache Ghaouti, Labani Abderrahmane).....	1881
- Effet <i>in vivo</i> et persistance d'action de l'azoxystrobine sur les feuilles de riz (Mansoura Bahous, Amina Ouazzani Touhami & Allal Douira).....	1887

- Essai <i>in vitro</i> de l'effet antifongique synergique des huiles extraites des graines de <i>Citrullus colocynthis</i> L., <i>Linum usitatissimum</i> L. et de <i>Nigella sativa</i> L. sur <i>Aspergillus ochraceus</i> toxigène (A. Amrouche, H. Benmehdi, K. Fellah, H. Dalile, A. Moussaoui, D. Chabane Sari).....	1897
- Test <i>in-vitro</i> de la résistance de la pomme de terre à l'égard du mildiou <i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary (S. Belkhiter, Z. Bouznad).....	1903
- Distribution of <i>Fig cryptic virus</i> (FCV) and <i>Fig fleck-associated virus</i> (FFkaV) in Tunisian fig (<i>Ficus carica</i> L.) orchards (M. Elair, N. Mahfoudhi, M.H. Dhoubi).....	1909
- Effet des substances volatiles des dattes sur le taux d'infestation de la pyrale des dattes <i>Ectomyelois ceratoniae</i> (Lepidoptera : Pyralidae) (Arif Yaakoub, Lombarkia Nadia et Laamari Malik).....	1915
- Etude de la nuisibilité des mauvaises herbes vis-à-vis la culture de la fève (<i>Vicia faba</i> L.) dans la région de Biskra (Melakhessou Zohra, Guehiliz Nawel).....	1923
- Impact de la prédation du Faucon crécerelle <i>Falco tinnunculus</i> Linné, 1758 sur les ravageurs de cultures dans quelques régions en Algérie (Karim Souttou, Makhlof Sekour, Labed Ababsa, Omar Guezou, Salaheddine Doumandji, Christiane Denys).....	1931
- Effets de l'acide Gibbérellique sur la croissance et les activités amylasiques des grains d'orge germés en présence de stress cadmique (Amri Bédis, Chaoui Ali, Houda Gouia, Leila Bettaieb-Ben Kaâb).....	1939
- Etude préliminaire sur l'effet de la biofumigation à base d'une crucifère (<i>Raphanus raphanistrum</i>) sur la dynamique des communautés pédofauniques (Djazouli Zahr-Eddine, Fehit Dalila et Ziouche Sihem).....	1945
- Impact de l'activité prédatrice sur le développement de la cochenille blanche du palmier dattier <i>Parlatoria blanchardi</i> Targ., 1868 (Homoptera, Diaspididae) dans une palmeraie à Biskra (Achoura Ammar, Tarai Nacer, Belhamra Mohammed).....	1957
- Influence des facteurs biotiques sur l'évolution de la cochenille blanche du palmier dattier <i>Parlatoria blanchardi</i> Targ., 1868 (Homoptera, Diaspididae) dans une palmeraie à Biskra. (ACHOURA A., TARAI N. et BELHAMRA M.).....	1963
- Effet du Spinosad sur les infestations de la mineuse de la tomate <i>Tuta absoluta</i> Meyrick, 1917 (Lepidoptera : Gelechiidae) (Aroun Mohamed El Fodhil, Labdaoui Zine El Abidine, Djazouli Zahreddine).....	1969
- Evaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle de <i>Citrus aurantium</i> (Rutacées) sur la dynamique des populations de <i>Parlatoria ziziphi</i> Lucas. (Homoptera, Diaspididae) (R. Belguendouz, Harchouche C., Biche M. et Houmani Z.).....	1981
- Sélection de deux méthodes pour l'évaluation de la sensibilité de quelques génotypes de pistachier aux attaques de <i>Verticillium dahliae</i> (Mohamed Ali Triki, Azza Chelli Chaabouni, Maryam Boudaya, Ines Hamemi, Samira Krid, Manel Cheffi, Ali Rhouma, and Radouane Gdoura).....	1987
- Quels traitements biologiques plus efficaces contre les defoliateurs forestiers dans le semi-aride algérien : potentialités biocides de la Verbenaceae <i>Lantana camara</i> L. (Bouzar Essaïdi K., Allal-Benfekih L., Djazouli Z.E).....	1993

Microorganism-associated semiochemicals reduce the size of aphid populations in potato fields

Alabi T.¹, Brostaux Y.², Agrigorrescu A.³, Fischer C.⁴, Thonart P.⁵, Lognay G.⁴, Haubruge E.¹, Francis F.¹, Verheggen F. J.^{1*}

¹ Department of Functional and Evolutionary Entomology, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liege. Passage des Déportés 2, 5030 Gembloux, Belgium

² Department of Statistics, Informatics and Mathematics, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liege. Passage des Déportés 2, 5030 Gembloux, Belgium

³ Walloon Center of Industrial Biology, University of Liege, B40, 4000 Sart Tilman, Belgium

⁴ Laboratory of Analytical Chemistry, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liege. Passage des Déportés 2, 5030 Gembloux, Belgium

⁵ Department of Industrial Biological Chemistry, Gembloux Agro-Bio Tech, University of Liege, Passage des Déportés 2, 5030 Gembloux, Belgium

* Corresponding authors: François J. Verheggen; Department of Functional and Evolutionary Entomology, Gembloux Agricultural University, Passage des Déportés 2, B-5030 Gembloux (Belgium). Phone : 00 32 81 62 26 62 ; Fax : 00 32 81 62 23 12 ; @-mail : fverheggen@ulg.ac.be

SUMMARY

The chemical cues released by many insect species, including agricultural pests, are used by predators and parasitoids to locate their prey or host. For instance, aphids excrete honeydew, which contains bacteria that produce semiochemicals. Ladybeetles and hoverflies use these semiochemicals to locate the colonies of prey aphid species. One bacterium (*Staphylococcus sciuri*) has been identified in the honeydew of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. This bacterium is responsible for the production of kairomonal substances, which guide hoverflies to aphid colonies. In the present study, we cultivated *S. sciuri*, and used solid-phase microextraction (SPME) to confirm the ability of this bacterium to produce 3-methyl-2-butenal and 3-methyl-2-butenic acid, which previous studies have demonstrated as being the two semiochemicals that exhibit kairomonal activity. We subsequently conducted field experiments to evaluate the efficiency of two solutions as biological products to control aphid populations inhabiting potato plants; the first solution contained a suspension of living *S. sciuri*, and the second solution contained a mixture of the two semiochemicals produced by this bacterium. While the semiochemical solution did not lead to a significant reduction in aphid number, potato plants treated with the *S. sciuri* solution were infested with 28% less aphids compared to untreated plants. This study demonstrates the potential of using naturally occurring bacteria as a form of biological control of aphid infestations in agricultural management.

Key Words-*Staphylococcus sciuri*, Aphid honeydew, Biological control, Insect-bacteria interactions

1. INTRODUCTION

Insects are highly abundant worldwide, resulting in their being continuously in contact with a large variety of bacteria in their natural environment and diets. Different types of interactions arise between insects and bacteria. For instance, in symbiotic interactions, bacteria provide their host with nutrients or defensive compounds, promoting insect growth and reproduction (Bourtzis and Miller, 2003). In comparison, in pathogenic interactions, bacteria reduce the fitness of their hosts through the production of toxic chemicals (Burgess and Hussey, 1971).

Some bacteria also produce semiochemicals, which directly mediate insect-bacteria and insect-insect interactions, as observed in some symbiotic relationships (Leroy et al., 2011a). In such instances, insects respond to specific volatile chemicals that are released by bacteria hosted in insect body parts or present in the environment inhabited by the insect. Among these bacteria, Enterobacteriaceae, Pseudomonaceae, and Bacillaceae have been shown to be involved in many interactions with insects (Maw, 1970; Pavlovich and Rockett, 2000; Robacker and Lauzon, 2002). Several bacteria have now been identified as semiochemical producers, with such chemicals including allelochemicals and pheromones. Such microorganisms have received increasing scientific interest, particularly in the field of integrated pest management, because they produce natural compounds with repellent or attractant activity. Moreover, bacteria that produce semiochemicals are potentially environmentally safe, non-persistent, and likely to not induce resistance in target insects.

Aphids are among the most important insect pests of agricultural crops, causing direct damage to the plants that they feed on by sucking the phloem or causing indirect damage as virus vectors (van Emden and Harrington, 2007). In potatoes, aphids serve as a vector of the Potato Virus Y (PVY), causing the virus to spread rapidly to neighboring fields, resulting in high economic losses if aphid vectors are not controlled (Dessureault et al., 2011). Aphids have several natural enemies, including predators and parasitoids, which are readily available as biological agents. However, the efficacy of these potential control agents is sometimes limited by their dispersal ability in the natural environment, as they tend to be highly mobile. All natural enemies of aphids use aphid-related semiochemicals to locate their host or prey, including aphid pheromones and host-plant induced chemicals, termed kairomones (Pickett and Glinwood, 2007). These kairomones could be used by biological control programs to limit the dispersal of natural enemies and to direct them toward areas infested by aphids that require management.

Honeydew is the main excretory product of aphids, and has been shown to attract the natural enemies of aphids (e.g., Buitenhuis et al., 2004; Choi et al., 2004). The composition of honeydew depends on the host plant being fed on by the aphid and on the aphid itself, including its primary symbionts (Leroy et al., 2011b). Recently, Leroy et al. (2011c) identified the presence of two bacteria species that grow in the honeydew of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. One of these bacteria, *Staphylococcus sciuri*, produces several volatile molecules, of which two (3-methyl-2-butenal and 3-methyl-2-butenic acid) were demonstrated to act, in both the laboratory and in potato fields, as attractants and oviposition stimulants for naturally occurring populations of the hoverfly predator, *Episyrphus balteatus*. In a subsequent study, honeydew and associated volatile chemicals were shown to act on other natural enemies of aphids, including the Asian Ladybeetle, *Harmonia axyridis* (Leroy et al., 2012). The natural enemies of aphids have probably evolved the ability to associate the production of semiochemicals by bacteria growing in aphid honeydew with the presence of aphids, and food availability.

Environmentally friendly products are required to find solutions to the resistance of insect pests to insecticides, in parallel to meeting public health concerns about the chemicals applied to human food resources. As a complementary study, here, we evaluate the efficiency of two solutions for the control of aphid populations in a potato field. The first solution contained a suspension of *S. sciuri*, while the second solution contained a mixture of the two active semiochemicals (3-methyl-2-butenal and 3-methyl-2-butenic acid). Both solutions were applied directly to potato plants and the aphid populations were monitored from the period of plant emergence to harvest. The results of this study are used to consider the potential of using naturally occurring bacteria as a form of biological control of aphid infestations in agricultural management.

2. MATERIALS AND METHODS

Biomass Production of *Staphylococcus sciuri*. *Staphylococcus sciuri* was isolated from pea aphids, *Acyrtosiphon pisum*, feeding on broad bean *Vicia faba* (2×10^3 CFU per ml). At the CWBI (Wallonie Bioindustry Center from Liege University), the bacteria were reactivated from glycerol stocks preserved at -80°C . Frozen biomass was first streaked on agar plates containing the rich medium 868 (per liter of distilled water: 17g of agar, 10 g of glucose, 10g of yeast extract and 10g of casein peptone). After 48 to 72 h of incubation at 20°C , the whole biomass developed on one plate was inoculated into 250 mL 863 medium (same composition as the 868 medium, but without agar) and was incubated for 24 h at 25°C and with shaking at 150 rpm. This pre-culture was then used to start a 15 L culture in a 20 L bioreactor that was run for 45 hours at 25°C with pH regulation and under stirring (200 rpm) and aeration conditions (~ 1 vvm). The same 863 medium was used for biomass production in the bioreactor. During the fermentation process, the pH was maintained above 7 by addition of 3N NaOH and was readjusted to 7 by addition of 1.5N H_3PO_4 at the end of the fermentation. The biomass thus produced was collected in non-sterile containers and stored at 4°C or -20°C until used for field tests. The final cell density was determined by cell counting using a Bürker chamber and by making dilution plates. For each production, the cell density was on the order of 10^{10} CFU/mL.

Identification of Bacterial Volatile Compounds. Leroy et al (2011c) showed that *S. sciuri* isolated from aphid honeydew produce 15 volatile chemicals, of which two chemicals, 3-methyl-2-butenal and 3-methyl butenoic acid, attracted the natural enemies of aphids and induced oviposition. To confirm that

S. sciuri produced by the fermentation process described in the previous section also release these two compounds, we conducted SPME and GC–MS analyses on *S. Sciuri* inoculated in 863 liquid medium. The volatile collection was conducted using an 85 µm carboxen-polydimethylsiloxane (Carboxen-PDMS, stableflex) (Supelco) coating fiber. Before each use, the fiber was conditioned at 300 °C for 1 h in a split-splitless GC injector. Volatile chemicals were collected at 20 ± 1 °C over a 24 h period. After the collection of the volatile chemicals, the SPME fiber was removed from the vial and analyzed using GC–MS, on an Agilent 6890N Network GC System coupled with an Agilent 5973 Network mass selective detector that was equipped with an HP-5 (Agilent) capillary column (30 m × 0.25 mm i.d., 0.25 µm film thickness). The oven temperature program was initiated at 40 °C and maintained for 7 min, then was increased at a rate of 4 °C per min to 250 °C, then held for 5 min, and then increased at a rate of 7 °C per min to 280 °C, and held for 1 min. The other operating conditions were as follows: carrier gas, He (flow rate of 1 ml per min); injector temperature, 260 °C; splitless mode. Mass spectra were taken at 70 eV. The mass range spanned from m/z 35 to 350 amu. Volatile molecules were identified by comparing their mass spectra fragmentation patterns with those stored in the Wiley275.L computer library, and were subsequently confirmed by the injection of synthetic standards (>97% purity; Sigma-Aldrich).

Considering the potential affinity of the SPME fiber with some of the volatile chemicals released by the *S. sciuri* solution, we calculated the relative percentage (%) of each identified chemical cue by dividing the area under the peak of the considered chemical by the total peak area (corresponding to the sum of the areas of all sample-related peaks).

Chemical Compound Preparation. Commercial preparations of 3-methyl-2-butenal acid and 3-methyl-2-butenic acid were supplied by SigmaAldrich (Belgium). A chemical solution containing both compounds was prepared 2 h prior to application in the field, and contained a mixture of 3-methyl-2-butenal (200 µg/ml) and of 3-methyl-2-butenic acid (50 µg/ml), as tested by Leroy et al. (2011c).

Field Assay. Field assays were performed in July and August 2012 in an 8.6 ha field (50° 30.565'N, 4° 51.305'E) used for the biological production of potato crops (*Solanum tuberosum* var. Ditta). Beans and wheat were previously planted in this field during 2010 and 2011, respectively. The experiment was initiated once potato plants were 20 cm high, which was directly after the first aphid infestation was observed. Sixty parcels (1 m²) were randomly distributed in the field. Twenty of the parcels were sprayed with 50 ml of the 863 medium inoculated with *S. sciuri* (3×10^{10} CFU per ml). Twenty other parcels were sprayed with 50 ml of the chemical solution containing the mixture of 3-methyl-2-butenal (200 µg/ml) and 3-methyl butenoic acid (50 µg/ml). A further 20 parcels were left untreated. Parcels were separated by 30 m from each other (Figure 1). The number of aphids in each parcel was recorded 3 days after the treatments were applied.

Statistical Analysis. To compare the number of aphids recorded for each treatment, we conducted a generalized linear model procedure (GLMs), which was adjusted for date and bloc effects. Close examination of the observed distributions of the responses showed an excess of zero observations, due to the aggregative distribution of aphids in the field. To take this phenomenon into account, we adjusted the GLMs with the Zero Inflated Poisson error distribution (ZIP), and tested the significance of the zero inflated term using a Vuong's closeness test (Vuong, 1989; Lambert, 1992). All analyses were conducted using R statistical software v2.15.1 and package v1.04.4 (R Core Team, 2012).

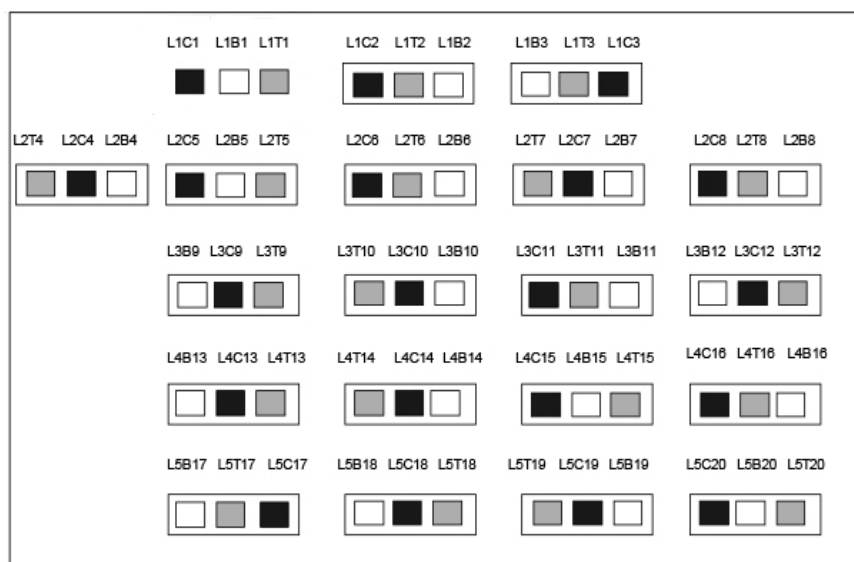


Figure 1. Distribution of the untreated parcels (grey), parcels treated with the chemical solution of 3-methyl-2-butenal acid and 3-methyl-2-butenic acid (black), and parcels treated with *S. sciuri* solution (white) in the potato field.

3. RESULTS

Chemical Profiles of *S. sciuri* Inoculated in 863 Liquid Medium. Solid phase micro-extraction coupled with gas chromatography allowed the identification of 10 volatile compounds released by a culture of *S. sciuri* (Table 1). Among these chemicals, the two compounds, 3-methyl-2-butenal and 3-methyl-2-butenic acid, which were previously demonstrated as exhibiting kairomonal activity by Leroy et al. (2011c), were found only present in *S. sciuri*.

Effect of *S. sciuri* on Aphid Populations in a Potato Field. The change in the mean aphid numbers over a 4 week period under the different treatments in the potato field are presented in Figure 2. Over the entire potato cultivation period, a mean number of 8.7 ± 1.6 aphids were observed in the non-treated parcels, versus 6.2 ± 1.2 aphids in the parcels treated with the bacteria solution, and 7.8 ± 1.5 aphids observed in the parcels treated with the semiochemical solution. When comparing the cumulated aphid populations for the entire period of insect collection, fewer aphids were observed in the parcels treated with *S. sciuri* inoculated in 868 liquid medium compared to the untreated parcels ($X^2_{2dl} = 26.85$; $P < 0.001$). A significant difference in aphid number was observed during the first ($X^2_{2dl} = 26.69$; $P < 0.001$) and the last week ($X^2_{2dl} = 19.70$; $P < 0.001$) among the three treatments (Figure 2).

Table 1. Volatile chemicals identified by SPME from the *S. sciuri* culture

Identified compounds	Relative abundance (%)		
	863 liquid medium	<i>S. sciuri</i> culture in 863 liquid medium	Retention time (min)
Propanone	25.6 ± 9.3	15.6 ± 6.5	1.44
2,3-Butanedione	14.1 ± 5.7	3.1 ± 1.7	1.76
3-Methylbutanal	9.0 ± 3.0	-	2.23
3-Hydroxy-2-butanone	-	3.2 ± 1.4	3.24
3-Methyl-1-butanol	34.2 ± 13.5	24.7 ± 12.7	3.36
3-Methyl-2-butenal	-	14.5 ± 6.3	4.61
Butenoic acid	-	12.9 ± 4.7	5.65
3-Methylbutenoic acid	-	9.5 ± 3.6	9.22
2-Methylbutanoic acid	-	9.8 ± 2.9	9.88
2,5-Dimethylpyrazine	0.7 ± 0.3	3.1 ± 1.1	10.54
Benzeneethanol	0.9 ± 0.1	3.6 ± 1.4	19.92

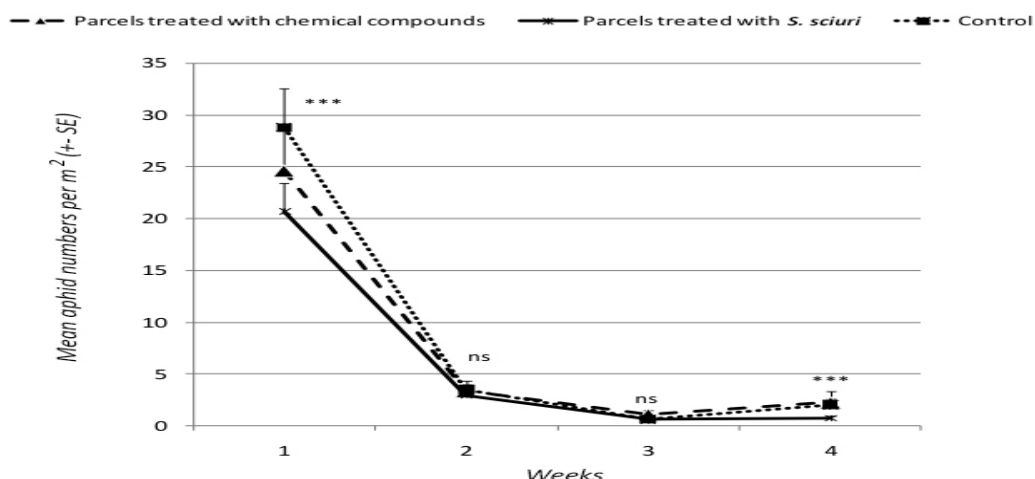


Figure 2. Evolution of aphid populations in the potato field parcels. Error bars indicate the standard error; *** indicates a significant difference with the control at $P < 0.001$ (generalized linear model procedure [GLM]).

4. DISCUSSION

As a complementary study to previous work (Leroy et al 2011c), we have demonstrated that the application of a *S. sciuri* solution in a potato field can reduce the size of infesting aphid populations. We confirmed that the *S. sciuri* solution release several semiochemicals, among which two were previously suggested to attract hoverfly females and induce oviposition on the treated plants. We were however not able to show a significant effect of the semiochemical solution on aphid number.

Semiochemicals mediate the selection of habitats, along with the recognition, acceptance, oviposition site selection, and egg laying, by various natural enemies (predators and parasitoids) of aphids, including ladybeetles, hoverflies, and parasitic wasps (Almohamad et al., 2007, 2009; Dicke, 1999; Harmel et al., 2007; Sloggett et al., 2011; Verheggen et al., 2008; 2009). Beside aphid pheromones and plant-induced volatiles, Leroy et al. (2011c) demonstrated the kairomonal effect of two semiochemicals produced by a bacterium that naturally grows in the honeydew of aphids, *S. sciuri*. Here, we found that 3-methyl-2-butenal and 3-methyl-2-butenic acid were both released by the 868 medium inoculated with *S. sciuri*, but were absent from the 868 medium absent of bacteria. This observation confirms that *S. sciuri* produces both compounds.

The efficacy of the semiochemical solution (comprising 3-methyl-2-butenal and 3-methyl-2-butenic acid) was not strongly supported by the aphid counts in the field experiment of the current study. In brief, we found 7.8 ± 1.5 aphids in the parcels treated with the two semiochemicals versus 8.7 ± 1.6 aphids in the untreated parcels. In Belgium, the summer of 2012 was particularly cold and rainy. In July 2012, precipitation levels reached 115.7 l/m^2 , whereas the mean precipitation for the previous 30 years was 73.5 l/m^2 . A mean temperature of 17.3°C was observed during the study period, which was 1.1°C less compared to the average of the last 30 years (18.4°C). Due to these unfavorable weather conditions, aphid populations, and hence natural enemy populations, were relatively low during the study period, making comparisons between treatments applied less easy to demonstrate. Also, rain could have negatively impact the persistence of the two semiochemicals on the plants.

Our field experiments demonstrated that the direct application of *S. sciuri* solution on potato plants reduced aphid populations by 28% compared to aphid populations on untreated plants. *Staphylococcus spp.* are known to produce specific organic volatiles (Schulz and Dickschat, 2007); however, studies documenting how these compounds drive insect-insect interactions remain sparse. Yet, the mediation of the behavior of natural enemies to aphids broadly depends on chemical (olfaction) and physical cues, including visual stimuli related to host plant color and shape, or aphid movement (Michaud & Mackauer, 1994, 1995). As *S. sciuri* has been isolated from the gut flora of aphids, the composition of which depends on the aphid diet taken from the vascular tissues of the host plant, Leroy et al. (2011c) suggested that *S. sciuri* might be considered as a host-associated bacteria, which is partially excreted in the honeydew.

The direct application of the bacteria solution on the potato plants might facilitate the presence of *S. sciuri* on the plant surface, allowing it to produce both active semiochemicals continuously. However, it is difficult to evaluate this phenomenon without obtaining data about the persistence of the bacteria after application, which would provide information about duration that this bacterium produces the semiochemicals.

This study provides robust evidence of *S. sciuri* solution reducing aphid numbers in parcels where it was applied; however, further research is required to determine whether the *S. sciuri* solution of applied in this study may be used as a means of reducing aphid numbers in potato crops. Alternative means of applying the bacteria solution should be considered, along with improving the formulation and the concentration. Furthermore, bacteria survival should be demonstrated and optimized to improve the duration of semiochemical release, particularly in relation to potentially adverse weather conditions, such as rain. New formulations able to slow-release semiochemicals outdoor are being developed (e.g. heuskin et al. 2010). Overall, this study provides baseline information about the potential utility of using *S. sciuri* solution as an agricultural biocontrol agent against aphids.

REFERENCES

- ALMOHAMAD, R., VERHEGGEN, F., FRANCIS, F., and HAUBRUGE, E. (2007). Predatory hoverflies select their oviposition site according to aphid host plant and aphid species. *Entomol. Exp. Appl.* 125:13–21.
- ALMOHAMAD, R., VERHEGGEN, F. J., and HAUBRUGE, E. (2009). Searching and oviposition behavior of aphidophagous hoverflies (Diptera: Syrphidae): a review. *B.A.S.E.* 13:467–481.
- BOURTZIS, K. and MILLER, T. A. (2003). Insect Symbiosis. Lavoisier. 348p.
- BUITENHUIS, R., MCNEIL, J. N., BOIVIN, G., and BRODEUR, J. 2004. The role of honeydew in host searching of aphid hyperparasitoids. *J. Chem. Ecol.* 30:273–285.
- BURGES, H. D. and HUSSEY, N. W. (1971). Microbial control of insects and mites. CABI, Wallingford.
- CHOI, M. Y., ROITBERG, B. D., SHANI, A., RAWORTH, D. A., and LEE, G. H. (2004). Olfactory response by the aphidophagous gall midge *Aphidoletes aphidimyza* to honeydew from green peach aphid, *Myzus persicae*. *Entomol. Exp. Appl.* 111:37–45.
- DESSUREAULT, M., PRASAD, R., MEBERG, H., and TEASDALE, C. (2011). Controlling aphid vectored viruses for organic seed potato production: Literature and knowledge review. Fraserland Organics. E.S. Crop Consult Ltd.
- DICKE, M. (1999). Are herbivore-induced plant volatiles reliable indicators of herbivore identity to foraging carnivorous arthropods? *Entomol. Exp. Appl.* 91:131–142.
- HARMEL, N., ALMOHAMAD, R., FAUCONNIER, M-L., DU JARDIN, P., VERHEGGEN, F., MARLIER, M., HAUBRUGE, E., and FRANCIS, F. (2007). Role of terpenes from aphid-infested potato on searching and oviposition behavior of the hoverfly predator *Episyrphus balteatus*. *Insect Sci.* 14:57–63.
- HEUSKIN, S., ROZET, E., LORGE, S., FARMAKIDIS, J., HUBERT, P., VERHEGGEN, F. J., HAUBRUGE, E., WATHELET, J.-P., LOGNAY, G. (2010). Validation of a fast gas chromatographic method for the study of semiochemical slow release formulations. *J Pharm Biomed Anal* 53:962–972.
- LAMBERT, D. (1992). Zero-inflated Poisson regression, with an application to defects in manufacturing. *Technometrics* 34:1–14.
- LEROY, P.D., SABRI, A., VERHEGGEN, F. J., FRANCIS, F., THONART, P., and HAUBRUGE, E. 2011a. The semiochemically mediated interactions between bacteria and insects. *Chemoecology*. 21:113–122.
- LEROY, P. D., WATHELET, B., SABRI, A., FRANCIS, F., VERHEGGEN, F. J., CAPELLA, Q., THONART, P., and HAUBRUGE, E. (2011b). Aphid-host plant interactions: does aphid honeydew exactly reflect the host plant amino acid composition? *Arthropod Plant Interact.* 5:1–7.
- LEROY, P. D., SABRI, A., VERHEGGEN, F. J., FRANCIS, F., THONART, P., and HAUBRUGE, E. (2011c.). The semiochemically mediated interactions between bacteria and insects. *Chemoecology* 21:113–122.
- LEROY, P. D., SCHILLINGS, T., FARMAKIDIS, J., HEUSKIN, S., LOGNAY, G., VERHEGGEN, F. J., BROSTAUX, Y., HAUBRUGE, E., and FRANCIS, F. (2012). Testing semiochemicals from aphid, plant and conspecific: Attraction of *Harmonia axyridis*. *Insect Sci.* 19:372–382.

- MAW, M. G. (1970). Capric acid as a larvicide and an oviposition stimulant for mosquitoes. *Nature* 227:1154–1155
- MICHAUD, J. P. and MACKAUER, M. (1994). The use of visual cues in host evaluation by aphidiid wasps. I. Comparison between three *Aphidius* parasitoids of the pea aphid. *Entomol. Exp. Appl.* 70:273–283.
- MICHAUD, J. P. and MACKAUER, M. (1995). The use of visual cues in host evaluation by aphidiid wasps. *Entomol. Exp. Appl.* 74:267–275.
- PAVLOVICH, S. G., ROCKETT, C. L. (2000). Color, bacteria, and mosquito eggs as ovipositional attractants for *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae). *Great Lakes Entomol.* 33:141–153.
- PICKETT, J. A. and GLINWOOD, T. (2007). Chemical Ecology, pp 235–260, in H. F. van EMDEN and R. HARRINGTON (eds.) *Aphid as crop pests*. CABI, Wallingford.
- ROBACKER, D. C. and LAUZON, C. R. (2002). Purine metabolizing capability of *Enterobacter agglomerans* affects volatiles production and attractiveness to Mexican fruit fly. *J. Chem. Ecol.* 28:1549–1563.
- SCHULTZ, S. and DICKSCHAT, J. S. (2007). Bacterial volatiles: the smell of small organisms. *Nat. Prod. Rep.* 24:814–842.
- SLOGGETT, J. J., MAGRO, A., VERHEGGEN, F. J., HEMPTINNE, J.-L., HUTCHISON, W. D., AND RIDDICK, E. W. (2011). The chemical ecology of *Harmonia axyridis*. *BioControl* 56:643–661.
- VAN EMDEN, H. F. and HARRINGTON, R. (2007). *Aphid as crop pests*. CABI, Wallingford.
- VERHEGGEN, F. J., ARNAUD, L., BARTRAM, S., GOHY, M., and HAUBRUGE, E. 2008. Aphid and plant volatiles induce oviposition in an aphidophagous hoverfly. *J. Chem. Ecol.* 34:301–307.
- VERHEGGEN, F. J., HAUBRUGE, E., DE MORAES, C.M., and MESCHER, M. C. (2009). Social environment influences aphid production of alarm pheromone. *Behav. Ecol.* 20:283–288.
- VUONG, Q. H. (1989). Likelihood ratio tests for model selection and non-nested hypotheses. *Econometrica* 57:307–333.

Effet de l'ensachage sur l'aspect phytosanitaire et qualitatif des dattes dans les oasis du sud tunisien

Bel kadhi Mohamed Sadok, Bekri Amani, Ehsine M'hammed, Aoun Fawzi
Institut des Régions Arides
Direction Régionale Kébili, Tunisie

RESUME

L'analyse des échantillons de dattes collectés durant la période des cueillettes successives des campagnes 2010 et 2011, a montré que les oasis de la région de Kébili sont toutes infestées, avec un taux variable d'une oasis à l'autre. En 2010, l'oasis de Djedida qui est parmi les plus anciennes avec une densité de plantation élevée se trouve la moins infestée avec un taux d'infestation de 4% et l'oasis de Steftimi la plus infestée avec un taux de 27%.

L'évaluation des effets des différents matériaux d'ensachage sur la qualité des dattes a montré que la protection des régimes des dattes soit par le polyéthylène blanc ou jaune, soit par la moustiquaire « insect-proof » n'a aucun effet significatif, ni sur le taux d'humidité, ni sur les taux de sucres dans les fruits, ni sur le poids des dattes. Par contre, elle protège les dattes d'une façon significative de l'effet des deux principaux fléaux à savoir : l'infestation par l'*Ectomeylois* et la pourriture des fruits par les pluies, en gardant les qualités chimiques et organoleptiques des dattes. Toutefois, seul le filet moustiquaire peut réduire le taux d'infestation par les insectes à un niveau acceptable. En effet, l'analyse statistique des données des taux d'infestation des différents traitements montre une différence hautement significative entre celui des dattes des régimes témoins (régime non ensaché) et ceux des dattes des régimes ensachés par les différents matériaux testés. Au niveau des régimes témoins le taux d'infestation se trouve très élevé variant entre 30% et 60% avec une moyenne de 41% environ, alors que les régimes ensachés par le polyéthylène jaune et les régimes ensachés par le polyéthylène blanc présentent des moyennes des taux d'infestation très proches soient de 20.6% et 20% respectivement. Le taux d'infestation le plus faible qui est d'une moyenne de 6% et un minimum de 3% et un maximum de 10% est rencontré dans les régimes ensachés par la moustiquaire.

Mots clés : Pyrale des dattes, Deglat nour, Insect proof, Ensachage, Oasis kébili, Sud tunisien

SUMMARY

The analysis of palm date samples collected during two successive harvests of 2010 and 2011 campaigns, showed that all the oasis of Kébili are infested with a variable rate from one oasis to another. In 2010, Oasis Djedida which is among the oldest with a high density of plantation is the least infested with an infestation rate of 4% and the oasis of Steftimi was the most infested with a rate of 27%.

The evaluation of the effects of different protection materials on the quality of dates showed that the protection schemes dates either white or yellow polyethylene, or by the net "insect-proof" has no significant effect, nor the humidity, or the sugar content in the fruits, or on the weight dates. On the contrary, it protects dates in a meaningful way the effect of two main scourges namely the *Ectomeylois* infestation and fruit rot by rain, keeping the chemical and organoleptic qualities of dates. However, only the mosquito net can reduce the rate of infestation by insects to an acceptable level. Indeed, statistical analyzes of data infestation rates of the different treatments showed a highly significant difference between the dates of the control diets (not bagged regime) and those dates bagged by different materials tested schemes. At the control sites, the infestation rate is very high ranging between 30% and 60% with an average of about 41%, while protected by the yellow polyethylene regimes and protected by white polyethylene schemes have averages very close to infestation rates are 20.6% and 20% respectively. The lowest infection rate is an average of 6% and a minimum of 3% and a maximum of 10% is found in the pocket by protected by the net "insect-proof".

Keywords: moth dates, Deglat nour, Insect proof, Kébili Oasis, South Tunisia.

1. Introduction

L'ensachage des régimes est donc, l'une des premières techniques appliquée pour la protection des dattes pendant plusieurs années par suite d'une exigence du marché et des exportations vers les marchés européens qui exigent des normes de dattes avec un taux d'infestation inférieurs à 5%.

La protection peut se faire par différents matériaux d'ensachage (polyéthylène blanc, polyéthylène jaune, moustiquaire, kraft..), elle permet la protection des dattes contre les pluies et la réduction des taux d'attaque par différents ravageurs, principalement la pyrale des dattes **Ectomyelois ceratoniae Zeller**, qui est le plus important problème de palmier dattier.

L'utilisation de ces matériaux d'ensachage reste encore relativement peu étudiée et nécessite un programme de recherche bien élaboré pour déterminer leur impact sur l'aspect qualitatif des dattes, notamment la variété « deglet Nour » qui constitue 70 % des dattes tunisiennes.

La lutte physique par l'ensachage des régimes de dattes, qui était utilisée pour la lutte contre l'effet des pluies d'automne, s'est développée pour limiter les dégâts de la pyrale des dattes. Différents matériaux d'ensachage ont été utilisés depuis quelques années.

L'application de l'ensachage a évolué pendant ces dernières années, surtout l'utilisation de la moustiquaire, qui est nouvellement introduite. Son utilisation a évolué de 5.69% en 2003 pour atteindre 41% en 2010(GIF. 2011).

L'ensachage des régimes par le plastique a diminué pendant les années 2000 à 2010 de 99.84% vers 59 % au niveau de la région de Kébili (GIF.2011) expliquant l'efficacité de l'utilisation de la moustiquaire comme un moyen de lutte contre les ravageurs et les conditions climatiques (vent et pluie automnale).

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Site d'expérimentation

L'étude a été réalisée dans la parcelle expérimentale de l'Institut des Régions Arides à Kébili. Cette parcelle est située à 20 km environ du centre ville de Kébili et à 5 km environ de la ville de Djemna du côté Est. La parcelle est d'une superficie de 15 hectares est irriguée à partir d'un forage pompé dans la nappe du complexe terminal avec un débit de 20 litres par seconde. Dix(10) hectares sont réservés pour des plantations de palmier dattier « Deglet Nour » avec 942 pieds de cette variété, plantés en trois densités différentes soient 8/8, 10/10 et 12/12. Une bande de deux hectares dans la partie est de la parcelle sont réservés pour une collection variétale de palmier dans le cadre d'un programme de sauvegarde du patrimoine phytogénétique du dattier en Tunisie.

2.2. Matériaux d'ensachage

Trois types d'ensachage sont utilisés dans la protection des dattes aussi bien contre les dégâts des pluies d'automne que pour lutter contre l'infestation par la pyrale des dattes « *Ectomyelois ceratoniae* ».

2.2.1. Le plastique en gaine jaune

C'est une gaine en polyéthylène de couleur jaune, de 90 cm de diamètre et 180 microns d'épaisseur. Au cours de son utilisation, la gaine est coupée en morceaux de 80 à 120 cm de longueur, selon les dimensions des régimes à ensacher. Ce type d'ensachage est le plus utilisé, il est réservé aux régimes suspendus qui sont libres non supportés par les feuilles de palme.

2.2.2. Le plastique en film blanc

C'est un film en polyéthylène de couleur blanche, généralement translucide, de 90 cm de largeur. Au cours de son utilisation, le film est coupé en morceaux de 80 à 120 cm de longueur, selon les dimensions des régimes à ensacher. Ce type d'ensachage est réservé aux régimes qui sont supportés par les feuilles de palme (cf. Photo 1).



Photo 1. Régimes de datte ensachés par polyéthylène jaune et blanc

2.2.3. La moustiquaire

La moustiquaire récemment introduite dans la lutte contre l'*Ectomyelois ceratoniae* en palmeraies tunisiennes est un grand sac de 125 cm de longueur et 85cm de diamètre. Elle est formée de deux parties, la partie supérieure constituée avec du plastique blanc en fibres synthétique plus ou moins opaque qui sert à protéger les dattes des dégâts des pluies et des attaques de la pyrale en évitant ses pontes directement sur les dattes. Cette partie ayant 78 cm de longueur est pliée et cousue dans sa partie supérieure pour fixer le fil d'accrochage de la moustiquaire au régime au niveau de sa partie juste avant la ramification des branches. La partie inférieure de la moustiquaire est constituée d'une toile « insect proof » en polyéthylène de 47 cm de longueur. Cette partie prend à sa base une forme conique qui se termine par une ouverture centrale de 15 cm pour permettre l'évacuation des dattes qui tombent au cours de la période de la chute naturelle (cf. Photo 2). En effet ses dattes peuvent être à l'origine des pourritures et la multiplication des petits insectes qui déprécient la qualité des dattes à leur maturité. Dans son ensemble, la moustiquaire joue efficacement un double rôle en constituant une barrière physique contre les pluies et les insectes.



Photo 2. Régime ensaché par la moustiquaire

2.3. Protocole expérimental

Parmi les palmiers « Deglet Nour » dans la parcelle expérimentale de l'IRA à Atilet, trois pieds voisins, de même âge, même vigueur (hauteur variant de 2.75 à 3 mètres) ont été choisis pour l'entreprise de l'expérimentation et l'évaluation de l'effet des différents types d'ensachage. Au niveau de chaque pied de palmier choisi, on a ensaché quatre régimes de la première vague de régimes épanouis pour faire l'objet des quatre traitements à savoir : un régime témoin sans ensachage ; un

régime ensaché avec du plastique jaune ; un régime ensaché avec du plastique blanc et enfin, un régime pour l'ensachage avec la moustiquaire. La même opération a été répétée au niveau des régimes de la deuxième vague de régimes épanouis. Il est à noter que le choix de régime pour chaque traitement au niveau de chaque groupe de régimes est au hasard. Le protocole est donc mené sur trois pieds de palmier, chaque traitement est répété deux fois sur chaque pied. Ainsi chaque type d'ensachage a été répété six fois au niveau du protocole.

La mise en place du protocole, matérialisé par le choix et l'ensachage des régimes, a été effectuée le 23 août. L'expérimentation est achevée le jour de la cueillette, le premier du mois de décembre. L'ensachage des régimes a été réalisé par un ouvrier expérimenté après nettoyage des pieds de palmier, suspension et ciselage des régimes.

Les mesures de l'humidité et de la température sont réalisées à l'aide d'un appareil numérique thermo psychromètre programmable avec une sonde qui est introduite à l'intérieur des régimes pour prendre les mesures. Le suivi est quotidien pendant une période d'ensachage de 90 jours. Les mesures sont prélevées tous les trois heures à partir de 7 heure du matin jusqu'à 19 heure de l'après midi (7.00 h, 10.00 h, 13.00 h, 16.00 h et 19.00).

Pour déterminer le taux d'infestation par la pyrale, de chaque régime témoin et régime ensaché, des échantillons composés de 100 dattes chacun sont prélevés au hasard au niveau des différentes parties du régime. Ces derniers sont mis dans des sachets plastiques de taille moyenne portant toutes les indications nécessaires relatives à l'identité de l'échantillon. L'échantillonnage a été réalisé au mois de novembre, avant la cueillette des dattes, afin de déterminer les différents stades de développement de la pyrale existant dans les dattes. Ainsi, un total de 24 échantillons, composé 100 dattes chacun, sont prélevés.

Arrivés au laboratoire, les échantillons sont conservés dans un milieu frais pour éviter leur pourriture. Par la suite, après ouverture des dattes à l'aide d'un scalpel, les échantillons sont examinés pour vérifier la présence des stades les plus avancés, qui sont visibles à l'œil nu. L'échantillon apparemment sain à l'œil nu, passe ensuite à une observation sous loupe binoculaire pour vérifier la présence des stades de petite taille, notamment les larves du premier stade et le stade œuf qui peuvent se trouver à l'extérieure ou à l'intérieure du fruit. Il est parfois facile à déterminer l'état d'infestation de la datte par la présence des filaments soyeux tissés par la larve après son accès dans le fruit.

Pour déterminer la teneur en eau des dattes, 24 échantillons de 20 dattes chacun sont collectés au hasard à partir de chaque régime témoin et de chaque régime ensaché. Chaque échantillon est mis dans un sachet plastique portant toutes les indications nécessaires (date d'échantillonnage, numéro de l'échantillon, ...). Arrivés au laboratoire, on vérifie l'absence de tout corps étranger sur ou dans la datte, notamment les phytoparasites. Chaque échantillon est pesé à l'aide d'une balance de précision et placé ensuite sur un papier propre puis mis dans une étuve à 70°C pendant 48h jusqu'à dessèchement total des fruits. Il est retiré ensuite de l'étuve, on laisse refroidir puis on pèse l'échantillon pour déterminer sa matière sèche.

Des échantillons de dattes sont prélevés comme précédemment, ont été analysés par chromatographie pour déterminer la teneur et la qualité des sucres.

Pour déterminer l'effet des matériaux d'ensachage sur le poids des dattes, on a prélevé des échantillons de 20 dattes à partir des différentes parties des régimes témoins et des régimes ensachés. Ces derniers ont été pesés au moyen d'une balance à précision.

L'analyse statistique des données a été réalisée avec le logiciel SASS 6.12 release. Une analyse de variance est réalisée sur l'ensemble des données. Le seuil de signification (α) fixé pour toutes les analyses est de 5%. Un test de comparaison des moyennes (test de Student-Newman-Keuls), a été réalisé.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Effet des matériaux d'ensachage sur le microclimat à l'intérieure des régimes

3.1.1. Variation de la température

Les résultats ont montrés que la variation de la température moyenne au cours de la journée dans les différents régimes ensachés et les régimes témoins suit la même allure. La température augmente doucement à partir de 7.00 heure jusqu'à 10.00 du matin pour enregistrer, à partir de ce moment, une augmentation plus rapide et atteindre un maximum à 13.00 heure de l'après midi : elle diminue d'une

façon brutale jusqu'à 16.00 heure, puis diminue doucement pour se stabiliser à partir de 19.00 heure l'après midi (Figure 1).

La température à l'intérieure des régimes ensachés par la moustiquaire est légèrement différente que celle enregistrée à l'intérieure des régimes témoin, non protégés. La différence de température est de 1°C à 2°C uniquement.

En effet la moustiquaire est dans sa majeure partie bien aérée et la différence de température avec le témoin est due à l'opacité de la partie supérieure du sachet qui est généralement en polyéthylène blanc et opaque. Ainsi, dans son ensemble le sachet moustiquaire est beaucoup plus aéré que les sachets totalement en polyéthylène.

Avant dix heure du matin (10.00) les températures à l'intérieure des régimes ensachés par le polyéthylène jaune et blanc sont inférieures à celle dans les régimes ensachés avec la moustiquaire et les régimes non protégés.

A partir de ce moment, ces températures augmentent brutalement pour devenir plus élevées que les autres et atteindre des niveaux élevés de 37,6°C et 42°C à treize heure (13.00) respectivement à l'intérieure des régimes protégés par le plastic blanc et à l'intérieure des régimes protégés par le plastic jaunes et garder des niveaux toujours plus élevés.

Par contre les régimes ensachés par le polyéthylène blanc représentent une température inférieure au témoin et aux autres types d'ensachage du 7.00 heure à 10.00 heure puis elle augmente jusqu'à un maximum à 13.00 heure supérieure au régime témoins et régimes ensachés par la moustiquaire ce ci peut être expliqué par la rigidité du polyéthylène blanc et l'absence de l'aération.

D'autre part les régimes ensachés par le polyéthylène jaune représentent toujours les valeurs de la température les plus élevés par rapport au témoin et les autres traitements avec un maximum de température à 13.00 heure pouvant atteindre 41°C. Cet effet est expliqué par la rigidité de polyéthylène jaune et la coloration jaune plus attirante au soleil que la coloration blanche.

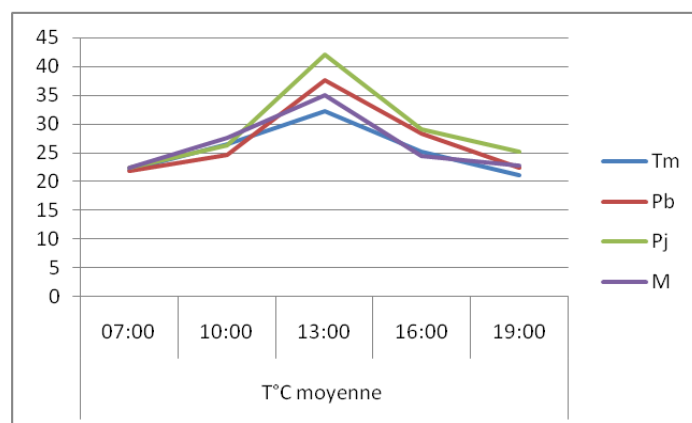


fig 1: variation de la température à l'intérieure des régimes de datte

Tableau 1. Variation de la température au niveau des régimes

	Tm	Pb	Pj	M
07:00	22,1	21,78	22,5	22,33
10:00	26,5	24,5	26,3	27,5
13:00	32,3	37,6	42	35
16:00	25,3	28,25	29,2	24,35
19:00	21,2	22,25	25,3	22,64

Tm : témoin (sans ensachage), Pb : plastic blanc ; Pj : plastic jaune ; M : moustiquaire

Variation de l'humidité relative moyenne

Les résultats ont montrés que la variation de l'humidité relative moyenne suit la même allure pour les différents régimes ensachés et les régimes témoins. Elle suit une évolution inverse de la température.

En effet, lorsque la température augmente, l'humidité relative à l'intérieure du régime diminue et vis versa. Elle diminue du 7.00 heure du matin jusqu'à atteindre un minimum à 13.00 heure l'après midi, puis augmente du 16.00 heure à 19.00 heure l'après midi ou elle se stabilise (Figure 3).

Il est bien évident que la diminution de l'humidité lorsque la température augmente à l'intérieure des régimes est un facteur provoquant le dessèchement des dattes qui perdent leur eau et deviennent moins charnues.

Ainsi, la datte devient susceptible à l'attaque du ver des dattes qui trouve une porte d'entrée au niveau du pédoncule.

L'évolution de l'humidité relative dans les régimes ensachés et dans les régimes témoins, non ensachés, présente presque la même allure (Figure3).

Au début et à la fin de la journée, lorsque la température est la même dans tous les régimes, on enregistre le même niveau d'humidité dans tous les traitements qui se situe entre 52% et 58% à 7 heure du matin et entre 44,5% et 50% à 7 heure de l'après midi.

A partir de 10 heure du matin jusqu'aux 16 heures l'après midi, lorsque la température augmente en fonction des traitements, on enregistre une variation du niveau de l'humidité en fonction de la variation de la température. En effet, bien que l'humidité diminue lorsque la température augmente (Figure 4), on remarque que le matériel de protection qui augmente le plus la température, garde l'humidité la plus élevée.

C'est ainsi que le polyéthylène jaune dont l'augmentation de la température est plus élevée se distingue par une humidité relative plus élevée que les autres lorsqu'elle est dans son minimum à 13 heure dépassant les 38%, alors que les autres traitements sont aux alentours de 30%.

Le polyéthylène blanc crée une humidité relative minimale intermédiaire, située aux alentours de 32%. La moustiquaire, qui se trouve bien aérée dans sa majeure partie couvrant les branches, présente le même niveau d'humidité minimale qu'à l'intérieure des régimes témoins, non ensachés, et qui se situe à 29% environ.

Ainsi la moustiquaire en diminuant l'humidité pourrait affecter légèrement la qualité des dattes suite à leur dessèchement qui pourrait favoriser l'infestation par la pyrale. Mais ce problème d'infestation ne se pose pas, puisque la moustiquaire, une fois bien installée, constitue une barrière physique qui empêche la pyrale de faire sa ponte sur la datte.

En général, l'augmentation de la température suivie immédiatement par la diminution de l'humidité relative au sein des régimes ensachés par le polyéthylène est à l'origine de la formation d'un microclimat plus favorable à la maturation des dattes pendant la période de l'ensachage. En effet, Munier (1973) a montré qu'une baisse de la température durant les mois de septembre et octobre peut provoquer une augmentation du taux des dattes immatures atteignant un taux de plus de 50% de la production totale.

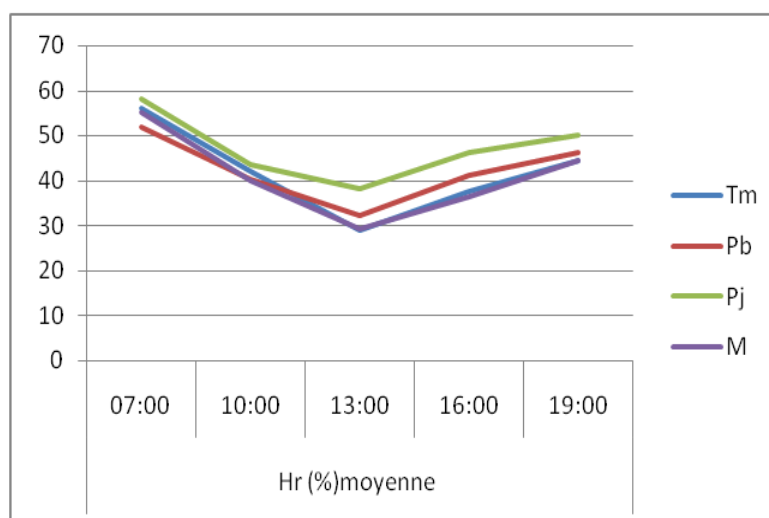


fig2 : variation de l'humidité relative(Hr%) à l'intérieur des régimes de datte

Tableau 2. Variation de l'humidité relative (Hr %)

	Tm	Pb	Pj	M
07:00	56,11	52	58	55,2
10:00	42,1	40,3	43,6	40,1
13:00	29,1	32,33	38,33	29,33
16:00	37,6	41,2	46,4	36,6
19:00	44,56	46,2	50,2	44,5

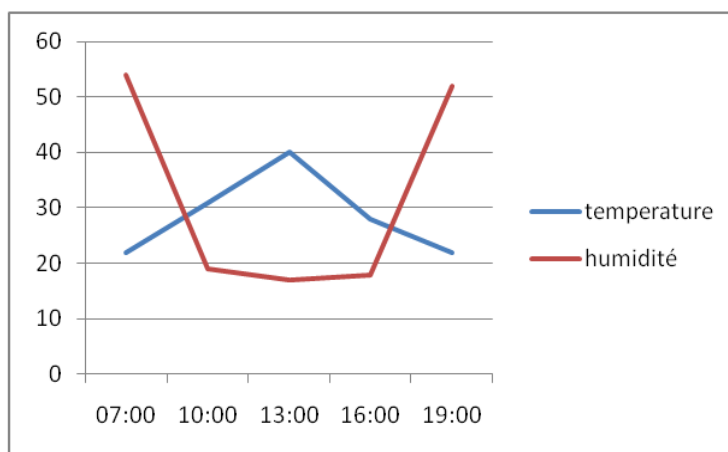


fig3 : variation de la température en fonction de l'humidité relative

3.2. Effet des matériaux d'ensachage sur l'aspect phytosanitaire des dattes

L'ensachage des régimes est une technique qui sert comme un moyen de protection des dattes contre le prédateurs et les pluies automnales qui peuvent occasionner des dégâts à la récolte , notre but sert à déterminer l'effet de l'ensachage sur l'aspect phytosanitaire et qualitatif des dattes.

3.2.1. Suivi du taux d'infestation des dattes par *Ectomyelois ceratoniae* zeller (pyrale des dattes)

Les dégâts occasionnés par la pyrale des dattes en particulier sur la variété **Deglet Nour** sont matérialisés par la présence des vers et leurs déchets à l'intérieur du fruit (Photo 1). En effet, les femelles déposent leurs œufs sur l'enveloppe de la datte, de préférence à proximité du périanthe au point d'attache du fruit.

Ces œufs vont éclore et donner des larves baladeuses du premier stade. Ces dernières ne tardent pas à pénétrer dans le fruit par le périanthe pour continuer leur développement jusqu'au dernier stade.

Ces dégâts se traduisent par le ratatinement de l'enveloppe de la datte et le détachement de périanthe qui entraîne la chute des fruits et déprécie leurs valeurs marchandes.

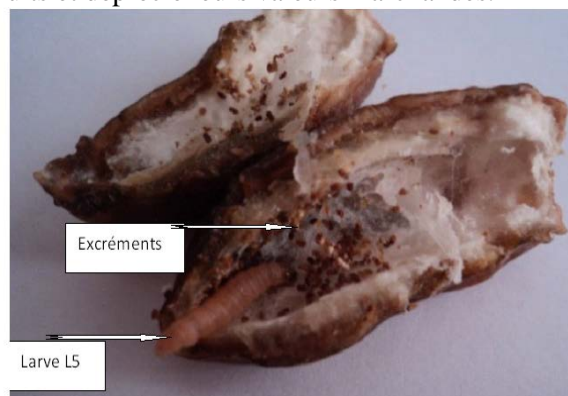


Photo 3 : Datte infestée par *Ectomyelois ceratoniae*

La détermination des dégâts de ce ravageur a été effectuée par la mesure du taux d'infestation au niveau de 100 échantillons collectés à partir de chaque régime ensaché par les différents matériaux d'ensachage ainsi qu'à partir des régimes témoins afin de déterminer l'effet des matériaux d'ensachage sur l'aspect phytosanitaire des dattes.

Les échantillons des dattes sont collectés après maturation à la fin de l'ensachage des régimes.

IL est à rappeler que le protocole a été mis en place le 23 août (avant début de maturité des dattes) et a été achevée le premier décembre, le jour de la cueillette.

D'après les résultats et les analyses des données la comparaison des moyennes des taux d'infestation des différents traitements montre une différence hautement significative entre celui des dattes des régimes témoins (régime non ensaché) et ceux des dattes des régimes ensachés par les différents matériaux testés.

En effet, au niveau des régimes témoins, on enregistre un taux d'infestation très élevé variant entre 30% et 60% avec une moyenne de 41% environ. Les régimes ensachés par le polyéthylène jaune et les régimes ensachés par le polyéthylène blanc présentent des moyennes de taux d'infestation très proches soient de 20.6% et 20% respectivement.

Dans ces deux derniers cas, le minimum d'infestation est enregistré avec le polyéthylène blanc soit 10% et le maximum est enregistré dans le cas du polyéthylène jaune soit 39%. Enfin les régimes ensachés par la moustiquaire présentent le taux d'infestation le plus faible qui est d'une moyenne de 6% et un minimum de 3% et un maximum de 10% (Figure 5). Ainsi, on trouve une différence hautement significative entre le taux d'infestation dans les régimes témoins non ensachés et les régimes protégés.

On enregistre aussi des taux d'infestation comparables dans les régimes protégés par le polyéthylène jaune et blanc qui sont significativement différents du taux d'infestation dans les régimes protégés par la moustiquaire.

Il est à noter que le taux d'infestation est élevé dans tous les cas. Dès le départ on a choisi des pieds de palmier qui se trouvent dans la partie de la parcelle connue la plus sujette à l'infestation. En effet, le taux d'infestation au niveau des régimes ensachés vient de la forte population de la pyrale dont une partie a pu pondre ses œufs notamment dans la partie basse du régime qui n'est pas couverte dans le cas de la protection par le polyéthylène jaune ou blanc.

Pour les régimes protégés par la moustiquaire, qui présentent le taux d'infestation le plus faible, il paraît que la pyrale est arrivée à gagner l'intérieure du sachet par le biais de l'ouverture basale qui est de 10 cm de long (Photo 2), et ainsi pondre ses œufs sur les dattes ou bien que l'insecte a pu faire la ponte des œufs bien avant la mise en place du sachet.

Ces résultats sont en accord avec celles de Djerbi (1992) et Bou Abidi (1998) qui ont montré que le pourcentage des dattes rebuts obtenus avec l'ensachage est relativement faible et varie entre 4.49 à 4.6 %.

On peut conclure que la protection des régimes des dattes par le polyéthylène jaune ou blanc, en plus de son rôle principal dans la protection contre l'effet des pluies, joue un rôle très important dans la lutte contre la pyrale des dattes réduisant le taux d'infestation de 50%.

La moustiquaire conçue spécialement pour la protection contre la pyrale, permet de protéger les dattes des pluies et réduire le taux d'infestation à un niveau très bas relativement au témoin soit 6% contre 41%.

Avec une amélioration au niveau de l'ouverture basale, le sachet moustiquaire, si elle est bien appliquée, pourrait réduire le taux d'infestation à un niveau négligeable voire même nulle.

En comparant l'utilisation de la moustiquaire à l'utilisation des gaines de polyéthylènes jaune et blanc pour la protection des dattes contre l'effet des pluies et l'infestation par la pyrale, on constate que les deux types d'ensachage assurent efficacement la protection contre les pluies et réduisent le taux d'infestation par la pyrale des dattes à un niveau très différent de celui des régimes non protégés. Toutefois, l'ensachage par la moustiquaire s'avère de loin plus efficace contre l'infestation par la pyrale et susceptible d'être améliorée pour une meilleure protection. Par contre, l'utilisation du plastic en polyéthylène nécessite toujours une ouverture basale très large d'un diamètre de 90 cm au minimum avec généralement une partie de régime qui reste non protégée permettant ainsi, l'accès facile de l'insecte pour atteindre son lieu de ponte sur le fruit (Photo 3).

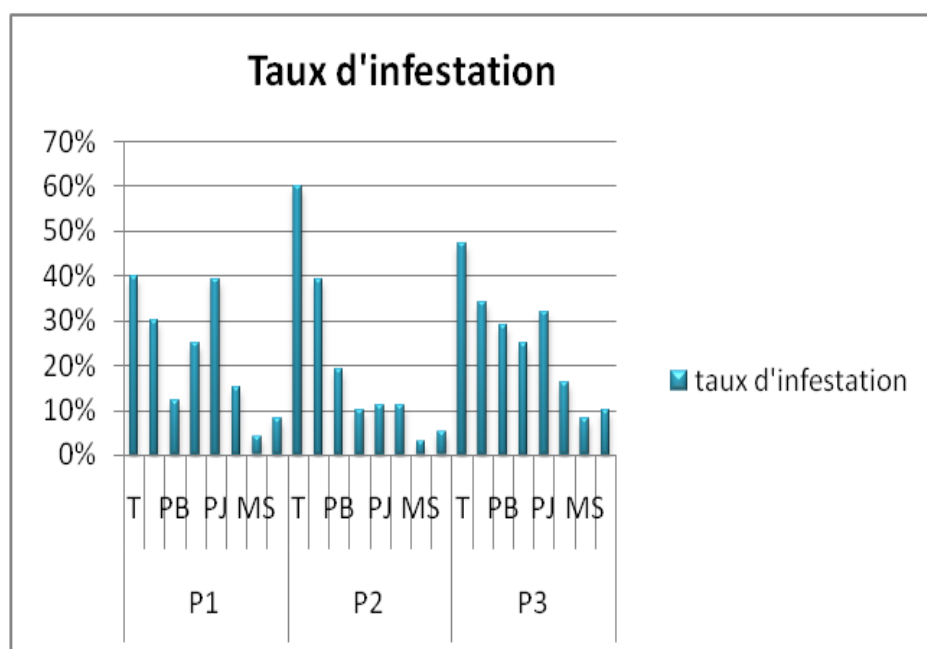


fig4 : taux d'infestation par *Ectomyelois ceratoniae* zeller

Tableau 3. Taux d'infestation par l'*Ectomyelois ceratoniae* Zeller dans les échantillons des dattes.

Palmiers	Types d'ensachage	Taux d'infestation
P1	T1	40%
	T2	30%
	Pb1	12%
	Pb2	25%
	Pj1	39%
	Pj2	15%
	Ms1	4%
	Ms2	8%
P2	T1	60%
	T2	39%
	Pb1	19%
	Pb2	10%
	Pj1	11%
	Pj2	11%
	Ms1	3%
	Ms2	5%
P3	T1	47%
	T2	34%
	Pb1	29%
	Pb2	25%
	Pj1	32%
	Pj2	16%
	Ms1	8%
	Ms2	10%



Photo 4 : Régimes ensachés par la moustiquaire



Photo 5 : Régimes ensachés par les polyéthylènes jaune et blanc

Dans une deuxième partie on a identifié les différents stades larvaires existant dans chaque échantillon collecté à partir des témoins et des régimes ensachés :

Les résultats ont montrés que les stades de développement les plus fréquents sont les stades larvaires L2 et L3 et on a remarqué l'absence de stade œuf et du stade L1 et une faible existence de stade chrysalides (pupe). Ces stades larvaires sont plus fréquents au niveau des témoins et au niveau des régimes ensachés par les polyéthylènes (Figure 6).

La présence de ces stades larvaires montre que l'infestation est tardive, notamment dans les régimes ensachés par la moustiquaire, et que le ravageur *Ectomyelois ceratoniae* n'a pu développer qu'une seule génération durant la période de l'essai.

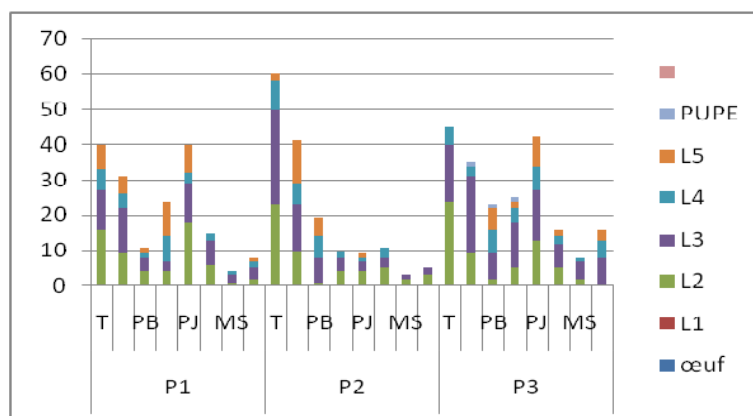


fig5 : taux d'infestation en fonction des stades de développement de l'*Ectomeylois*

3.2.2. Effet des matériaux d'ensachage sur la qualité des dattes :

Les résultats précédents ont montré que les différents types d'ensachage sont à l'origine de création d'un microclimat au sein des régimes ensachés, d'où la nécessité de connaître leurs effet sur l'aspect qualitatif des dattes (teneur en eau / teneur en sucre / poids des dattes).

Effet de l'ensachage des régimes sur la teneur en eau des dattes

L'effet des différents types d'ensachage utilisés (polyéthylènes jaunes et blancs et moustiquaire) sur la teneur en eau ou bien le taux d'humidité au niveau des fruits de la datte a été analysé au laboratoire au niveau des différents échantillons collectés à partir des témoins et des régimes ensachés.

Au niveau des régimes non ensachés (témoin) la teneur en eau des dattes varie entre 21.56 à 27.87%. Pour les régimes ensachés par les polyéthylènes blancs cette teneur varie de 20.13% à 20.54% et pour les régimes ensachés par les polyéthylènes jaunes elle varie de 18.42% à 20.59%. Au niveau des régimes ensachés par la moustiquaire le taux d'humidité varie de 20.05% à 24.52% (Figure 7).

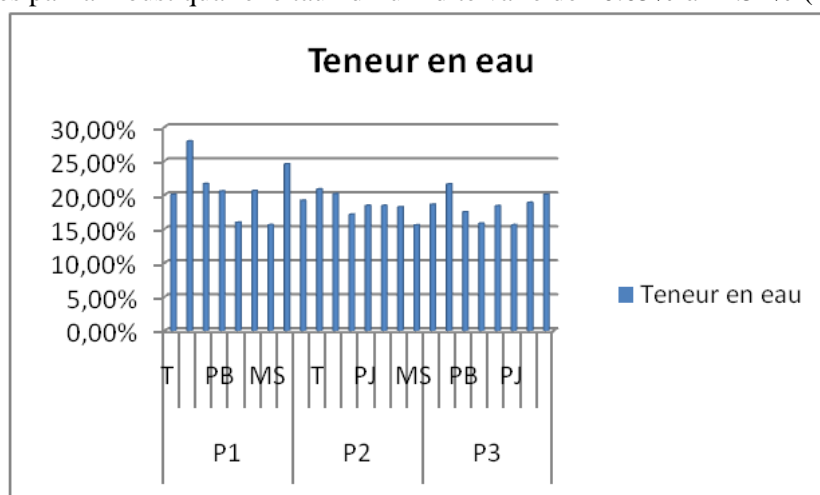


fig6 : variation de la teneur en eau des dattes

L'analyse statistique des résultats obtenus dans cette étude montrent qu'en comparaison entre les témoins et les matériaux d'ensachage la différence entre les taux d'humidité des dattes n'est pas significative.

Cette teneur en eau dans les dattes des différents échantillons prélevés des différents traitements reste dans les normes qui sont entre 20 et 28% Dhuibi (2000).

Ces résultats qui montrent que le taux d'humidité des différents échantillons de datte varie de 20.05% à 27.87%, sont en accord avec les proportions habituelles qui varient de 25% à 30%.

Au contraire les résultats obtenus par Bou Abidi (1998) en Tunisie sur la variété Deglet Nour montrent que l'ensachage des régimes par les polyéthylènes peut entraîner une élévation de la teneur en eau des

dattes soit plus de 35% qui deviennent ainsi très sensibles aux altérations (pourriture molles ou mélanoses).

Cependant, Albeker (1972) a montré que le stade début Bser par utilisation de sachets en polyéthylène ouvert à l'extrémité limite au maximum les dégâts occasionnés par l'excès de l'humidité relative de l'air.

Donc d'après nos résultats on constate que l'ensachage des régimes n'a pas d'effet sur la teneur en eau dans les dattes.

Ainsi, quelque soit le type d'ensachage, il ne provoque ni la perte en eau des dattes, pour entrainer leur dessèchement et déprécie leur valeur marchande, ni l'augmentation de la teneur en eau dans les dattes provoquant leur pourriture.

Effet de l'ensachage sur la teneur en sucres totaux des dattes

La variation de la teneur en sucres réducteurs (glucose et fructose) et du saccharose dans les dattes à été déterminée par chromatographie liquide haute performance (HPLC) au niveau des échantillons collectés à partir des régimes ensachés et des régimes témoins.

Les résultats présentés dans la Figure 8 montrent que les dattes de la variété « Deglet Nour » dans les oasis continentales du sud tunisien sont plus riches en saccharose qu'en sucres simples du type fructose et glucose qui se trouvent dans des proportions comparables. Le taux moyen de saccharose varie selon le type d'ensachage de 16.8 % au niveau des dattes protégées par le polyéthylène blanc à 21.5% au niveau des dattes protégées par la moustiquaire. Les taux des différents sucres dans les dattes sont comparables au niveau des dattes des régimes non ensachés (témoin) et des régimes protégés par le polyéthylène blanc ou jaune.

Ce résultat est contraire à celui de Jendoubi (1995) qui a signalé que l'ensachage des régimes de la variétés Deglet Nour par le polyéthylènes donne des dattes présentant une teneur en sucres réducteurs (glucose + fructose) élevée par rapport au témoins et que cette élévation est due a la dégradation de saccharose en glucose et fructose.

La protection des régimes par la moustiquaire augmente légèrement le taux de saccharose qui arrive à 21.5% et diminue les taux des sucres réducteurs à savoir le glucose et le fructose dont les taux moyen sont de 9% et 8.2% respectivement.

La teneur élevée en saccharose s'explique par l'effet de l'ensachage sur la teneur en eau qui est resté en valeur normale et qui n'a pas agit sur la dégradation de saccharose en sucres réducteurs (glucose + fructose). Généralement la dégradation de saccharose en sucres réducteurs est due à une augmentation de la teneur en eau dans le fruit qui favorise l'activité de l'invertase qui transforme le saccharose en sucres réducteurs (Meftah et Saadi, 1992).

Nos résultats ont montrés que les différents types d'ensachages utilisés n'ont pas d'effet remarquable sur la teneur des différents sucres puisque la teneur en eau des dattes, qui est le facteur le plus important dans l'hydrolyse du saccharose pour le transformer en sucre réducteur, n'est pas influencée par les différents types d'ensachage.

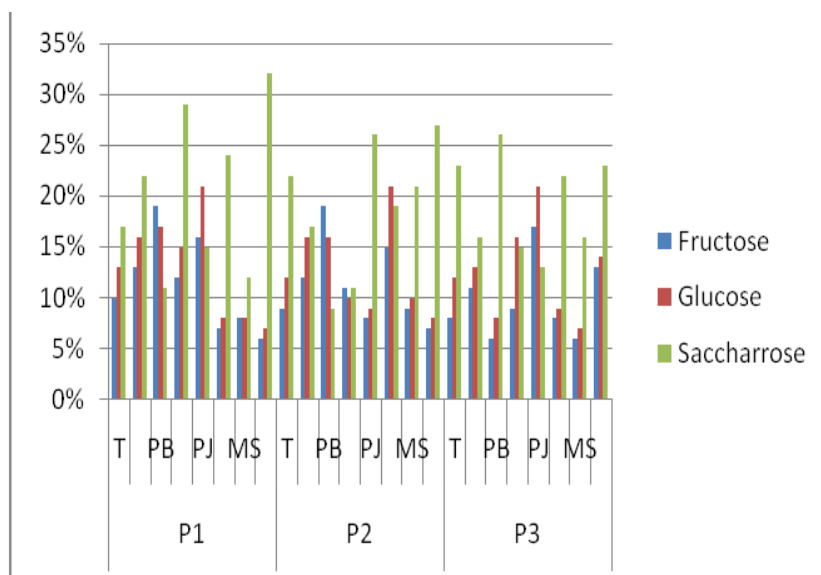


fig7 : teneur en sucre (glucose, fructose et saccharose) dans les dattes

Tableau 4. teneur en sucre des dattes (en %) dans différents échantillons des dattes

Palmiers	Types d'ensachage	Fructose	Glucose	Saccharose
P1	T1	10%	13%	17%
	T2	13%	16%	22%
	Pb1	19%	17%	11%
	Pb2	12%	15%	29%
	Pj1	16%	21%	15%
	Pj2	7%	8%	24%
	Ms1	8%	8%	12%
	Ms2	6%	7%	32%
P2	T1	9%	12%	22%
	T2	12%	16%	17%
	Pb1	19%	16%	9%
	Pb2	11%	10%	11%
	Pj1	8%	9%	26%
	Pj2	15%	21%	19%
	Ms1	9%	10%	21%
	Ms2	7%	8%	27%
P3	T1	8%	12%	23%
	T2	11%	13%	16%
	Pb1	6%	8%	26%
	Pb2	9%	16%	15%
	Pj1	17%	21%	13%
	Pj2	8%	9%	22%
	Ms1	6%	7%	16%
	Ms2	13%	14%	23%

Effet des différents matériaux d'ensachage sur le poids des dattes

Cet effet a été déterminé par la mesure de poids des dattes collectés à partir des régimes ensachés et non ensachés, les résultats ont montrés qu'il n ya pas de différence significative entre le poids des dattes des régimes non ensachés et des régimes ensachés. Le poids est variable de 166 grammes pour 20 dattes soit 8 grammes par une datte et 202 grammes pour 20 dattes soit 10.1 grammes pour une seule datte, avec une moyenne de 9.2 grammes pour une datte (Fig8). Ce poids moyen d'une datte de « deglat noir » est normal d'après les travaux de Ferchichi et Hamza (2008) qui trouvent que le poids moyen d'une datte « deglat noir » est de 9.6 grammes.

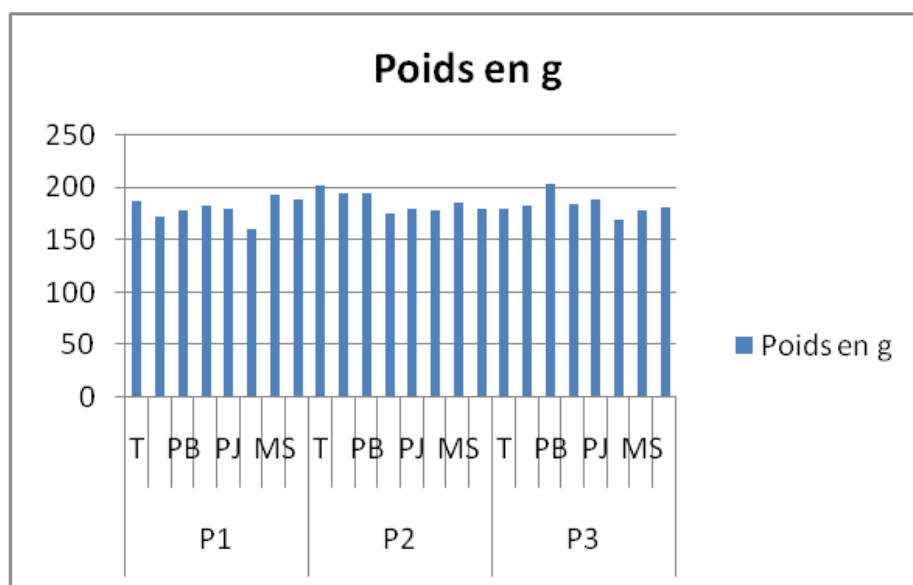


fig8 : effet de l'ensachage sur le poids des dattes

L'ensachage des régimes des dattes soit par le polyéthylène blanc ou jaune, soit par la moustiquaire n'a aucun effet ni sur le taux d'humidité, ni sur les taux de sucres dans les fruits, ni sur le poids des dattes. Toutefois, l'ensachage des régimes de datte avec les polyéthylènes et les moustiquaires permet la protection des dattes contre les insectes, notamment la pyrale des dattes, et les pluies automnales qui peuvent provoquer la pourriture partielle ou totale des fruits.

L'ensachage des régimes protège par conséquent les dattes de l'effet des deux principaux fléaux, l'infestation par l'*Ectomeylois* et la pourriture des fruits par les pluies en gardant les qualités chimiques et organoleptiques des dattes.

Tableau 5 : Poids des dattes en g dans les différents échantillons des dattes

Palmiers	Types d'ensachage	Poids moyen (g)/datte
P1	T1	9.33
	T2	8.59
	Pb1	8.86
	Pb2	9.08
	Pj1	8.91
	Pj2	8.02
	Ms1	9.64
	Ms2	9.37
P2	T1	10.06
	T2	9.69
	Pb1	9.66
	Pb2	8.73
	Pj1	8.94
	Pj2	8.86
	Ms1	9.26
	Ms2	8.96
P3	T1	8.92
	T2	9.08
	Pb1	10.10
	Pb2	9.16
	Pj1	9.43
	Pj2	8.32
	Ms1	8.84
	Ms2	9.06

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Al Beker, A.J, (1972) : The date palm.Ed: Horticulturist.M .S, Univ.of California, 1084 P.17
- Bou Abidi, H, 1998: Effect of bunch covers on Deglet Nour.fruit quality.In: Forum scientific palm dates, moroccofeb, 1998, 75.
- Djerbi, M, (1992) : Pollinisation et soins apportés aux régimes. In : Précis de phoeniciculture, 79_93, FAO.
- Djerbi, M. (1986) : les maladies de palmier dattier, Ed. Al watan Printing Press. Pp127.
- Ferchichi, A. et Hamza, H., 2008. Le patrimoine génétique phoenicicole des oasis continentales tunisiennes. Publication 2008. Institut des Régions Arides- Mednine. Pp 302.
- Groupement Interprofessionnel des Fruits. (2011) : rapport sur le secteur des dattes en Tunisie. Journées sur la qualité des dattes Kébili, Décembre 2011. Pp
- Jendoubi, H, (1995) : Influence de la protection mécanique sur la qualité des dattes, Rapport de fin d'études de l'université de Picardie, Jules, France, 53P.
- Meftah, F. et Saadi, A, (1992) : Etude de la composition chimique de la date algérienne au cours de la maturation et du stockage. Thèse ingénieur d'état en Agronomie, INA d'EL-Harrach (Alger) ,110p.
- Munier, (1973) : Le palmier dattier .Ed : G.P.Maisonneuve, larose , Paris.25-28-31-142-221p.

Nuisibilité des populations de *Bemisia tabaci* sur les cultures géothermiques du sud tunisien

BEL KADHI Mohamed Sadok
Institut des Régions Arides, Médenine, Tunisia

RESUME

Le virus TYLC (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) sur les cultures de tomates transmis par *Bemisia tabaci*, constitue une contrainte réelle pour le développement de cette culture en géothermie. Le taux d'infestation est variable d'une région à une autre et d'un site à un autre. Il varie de 0 à 47,5%, sous l'influence de plusieurs facteurs, notamment la date d'occupation de la serre, la variété cultivée, les produits chimiques utilisés, l'environnement et l'emplacement du site par rapport aux autres agrosystèmes tels que les oasis et les périmètres irrigués qui sont généralement des milieux favorables pour le développement et le maintien des populations des mouches et des virus.

Pour réussir un programme de lutte contre la mouche blanche et son virus associé, il est nécessaire d'isoler les serres des autres écosystèmes agricoles avoisinant et d'utiliser des variétés de moindre sensibilité.

Une occupation tardive des serres pourrait permettre aux cultures, d'échapper aux premiers adultes virulifères de la mouche blanche. L'utilisation des produits chimiques, bien qu'elle soit efficace dans certains cas, si elle est bien appliquée, reste limitée et pose beaucoup de risques d'apparition des populations résistantes.

Mots clés : virus TYLC, géothermie, culture de tomate, mouche blanche (*Bemisia tabaci*).

SUMMARY

The TYLC virus (Tomato Yellow Leaf Curl Virus) on tomato crops transmitted by *Bemisia tabaci*, is a real constraint for the development of this crop in geothermy. The infection rate varies from one region to another and from one site to another. It ranges from 0 to 47.5%, under the influence of several factors, including the date of occupation of the greenhouse, the crop variety, the chemicals, environment and location of the site relative to other agro-ecosystems such as oases and irrigated areas which are generally supportive environments for the development and maintenance of the populations of flies and viruses.

For a successful program against whitefly and its associated virus, it is necessary to isolate the greenhouses from other surrounding agricultural ecosystems and the use of less sensitive varieties.

Late occupation of greenhouses may allow crops to escape the first viruliferous adult whiteflies. The use of chemicals, although effective in some cases if it is properly applied, is limited and poses many risks of appearance of resistant populations.

Key words: virus TYLC, geothermy, tomato crop, whitefly (*Bemisia tabaci*).

1. INTRODUCTION

Depuis son démarrage au cours des années 80, le secteur géoserricole a connu un développement très rapide dans le sud tunisien sur l'initiative du Ministère de l'Agriculture et dans le cadre d'un projet PNUD, en vue d'exploiter l'énergie géothermique pour le chauffage des serres. Le développement du secteur par l'installation de plusieurs projets a permis à la Tunisie d'être placée parmi les premiers pays dans l'exploitation de l'énergie géothermique pour le chauffage des serres.

La superficie exploitée au cours de la campagne 2012-2013 est d'environ 251,9 ha, répartie comme suit : Gabès : 138,85 ha ; Kebili : 65,3 ha ; Tozeur : 47,8 ha. (CTCPG, 2013).

Malgré l'importance socio-économique du secteur, il se trouve confronté à plusieurs contraintes d'ordre technique et phytosanitaire qui peuvent entraver sa durabilité. Parmi les problèmes biotiques limitant la production des cultures sous serres chauffées et irriguées par les eaux géothermiques au Sud tunisien, on rencontre divers agents phytoparasites (Belkadhi et al., 1993 ; ; Belkadhi, 1996).

Belkadhi (1986) et Blancard (1988), ont précisé les principaux problèmes phytosanitaires telluriques attaquant la tomate, notamment les Nématodes à Galles et les maladies vasculaires (la Verticilliose et la Fusariose vasculaire), mais depuis le démarrage du secteur la mouche blanche (*Bemisia tabaci*, guennadis) cause des dégâts très importants, notamment sur les cultures de tomate. En effet,

cet insecte, en plus de ses dégâts directs qui affaiblissent la plante, il arrive à bloquer la végétation par suite de la transmission du virus TYLC.

La mouche blanche est l'un des ravageurs les plus importants des légumes, des grandes cultures, et des plantes ornementales à travers le monde (Perring, 1996 ; Oliveira et *al.* 2001 ; Zhang et *al.*, 2007 et Wan et *al.* 2009)

Le suivi de l'état phytosanitaire des serres géothermiques dans le sud tunisien a débuté depuis le démarrage de la géothermie en 1986 à Limaguès dans la région de Kébili. Dans le cas particulier des aleurodes, leur présence a été signalée en abondance dès le départ. Très rapidement, et plus précisément après trois campagnes de production, le problème de l'attaque par le virus TYLC s'est accentué, notamment sur les cultures d'arrière saison.

2. MATERIELS ET METHODES

Conscients de l'importance du problème et des effets secondaires qui peuvent survenir par l'utilisation abusive et anarchique des produits chimiques, nous avons commencé par une évaluation de la situation par le biais des enquêtes auprès des agriculteurs.

Une enquête a été conduite dans les trois régions géoserricoles du sud tunisien à savoir Kebili, Gabès, et Tozeur. Un suivi hebdomadaire touchant 663.840 plants de tomate de différentes variétés, soit l'équivalent de 553 éléments de serre a été effectué sur terrain. Le questionnaire de l'enquête a porté sur les données suivantes : le lieu, la variété, la date de semis ou de repiquage, le nombre total de plantes, le nombre de plantes virosées par le TYLC, la technique d'installation des cultures, et les traitements utilisés (produits chimiques). Malgré la présence de miellat accompagnée de fumagine, traduisant de fortes densités en aleurodes responsables de fortes dépréciations qualitatives et quantitatives de la récolte (Maurisio & *al.*, 1998) et l'argenture des feuilles associée à la présence de larves de *B. tabaci* (Yokomi et *al.* 1998), l'infestation des cultures par le TYLC est relativement facile à évaluer.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

L'analyse de variance (Tableau 1), montre qu'un effet significatif du site de géothermie, des variétés pratiquées, de la date d'installation des cultures dans la serre, et de l'utilisation des produits « Confidor » et « Narvel » dans le programme de lutte chimique, est observé sur la variation du pourcentage d'attaque par le virus TYLC sur les plantes. La densité de plantation et l'utilisation des autres produits chimiques n'ont pas d'effet sur le taux d'infestation par le TYLC.

Le taux d'infestation par le TYLC, des cultures de tomates d'arrière saison dans les serres géothermiques touchées par l'enquête dans les régions géoserricoles du sud tunisien, varie de 0 à 47,5% en fonction des sites de géothermie, des variétés de tomate cultivées, et des pratiques culturales (date de plantation, traitement...).

Tableau 1 : analyse de la variance

Source	Degrés de liberté	Type III SS	Carré moyen	Valeur de F	Pr > F
Plantes	1	4,953571	4,953571	0,17	0,6840
Sites	6	2028,625358	338,104226	11,36	0,0001
Variétés	8	742,941094	92,867637	3,12	0,0032
Site*variété	5	303,777815	60,755563	2,04	0,0780
Temps	1	7302,015990	7302,015990	245,38	0,0001
Applaud	1	3,210399	3,210399	0,11	0,7432
Talstar	1	11,225052	11,225052	0,38	0,5403
Fatec	1	75,316638	75,316638	2,53	0,1144
Decis	1	0,322675	0,322675	0,01	0,9172
Confidor	1	504,504505	504,504505	16,95	0,0001
Mospilon	1	7,022007	7,022007	0,24	0,6281
Lannate	1	47,459873	47,459873	1,59	0,2092
Profen	1	128,912797	128,912797	4,33	0,0396
Kafil	1	19,991138	19,991138	0,67	0,4141
Métac	1	1,852542	1,852542	0,06	0,8034
Drawin	1	75,732028	75,732028	2,54	0,1134
Karaté	1	42,521654	42,521654	1,43	0,2344
Prophos	1	3,410795	3,410795	0,11	0,7356
Narvel	1	753,660188	753,660188	25,33	0,0001
Vertimec	1	0,274622	0,274622	0,01	0,9236
Zolone	1	0,514646	0,514646	0,02	0,8956
Marshall	0	0,000000			
Byebye	1	0,003582	0,003582	0,00	0,9913
Omite	0	0,000000			
Pegasus	0	0,000000			

3.1. Quantification des dégâts indirects de nature quantitative (virus)

3.1.1. Importance des dégâts en fonction des sites géothermiques

La comparaison des moyennes du pourcentage d'infestation par le virus TYLC (tab.2) révèle que le nombre de plantes infestées par le TYLC dans les serres géothermiques installées dans les sites de Saidane, 'Om Elfareth, et Kebili est plus élevé, statistiquement différent de ceux des autres sites. Les taux d'infestation par le virus TYLC des cultures de tomates cultivées dans les sites de Tozeur, Debabcha, LimaguèsI, LimaguèsII, et Khbayet sont les plus faibles et très comparables (Graphique 1). Les sites de Saidane et Om Elfareth sont situés dans la même zone, séparés d'environ 6 km à vol d'oiseau. Le site de Om Elfareth est plus ancien que celui de Saidane et situé du côté nord est par rapport à ce dernier. Se trouvant entre les mains d'agriculteurs « cas sociaux » non expérimentés et à proximité des oasis, les serres sont contaminées par les mouches dès leur installation. Les serres de Saidane, qui se distinguent par le taux d'infestation le plus élevé, se trouvent sous l'influence directe des périmètres irrigués (jeunes oasis) qui se sont développés dès le démarrage des serres. Ces jeunes oasis sont installés au voisinage des serres du côté nord est du site de géothermie Au niveau de ces oasis, on a constaté la pratique de plusieurs types de cultures maraîchères, notamment la pomme de terre, des pastèques et du melon de plein champ, des cultures fourragères en particulier la luzerne, et de l'arboriculture, de type figuier et grenadier.

La région de Tozeur est généralement moins infestée que la région de Kébili. Ce résultat est confirmé par (Zouba, com. pers., 2001) qui a constaté que dans la région de Tozeur, le TYLC ne constitue pas un problème important et les populations sont moins importantes que dans la région de Kebili.

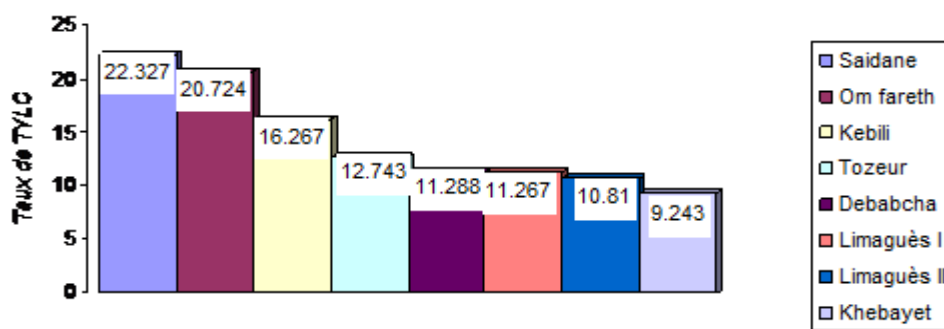
Les sites de Limaguès I et Limaguès II, sont les plus anciens sites de géothermie dans le sud tunisien, et l'expérience des agriculteurs propriétaires et leur éloignement relatif des oasis a permis de maintenir les populations de *Bemisia tabaci* et le taux d'infestation par le TYLC à des niveaux relativement faibles.

Le site de Debabcha est nouvellement installé et se trouve du côté est des oasis diminuant ainsi le flux de mouches en provenance des oasis.

Le site de Khbayet est constitué d'un grand projet organisé en société. Cette exploitation est gérée par des techniciens expérimentés qui arrivent à appliquer des mesures et des techniques permettant la limitation des dégâts à des seuils tolérables.

Tableau 2: TYLC, en fonction des sites

Sites	Nombre	Moyennes
Saidane	11	22,32 <i>a</i>
Om fareth	17	20,72 <i>a</i>
Kebili	6	16,26 <i>ab</i>
Tozeur	21	12,74 <i>b</i>
Debabcha	8	11,28 <i>b</i>
Limaguès I	3	11,26 <i>b</i>
Limaguès II	10	10,81 <i>b</i>
Khebayet	80	9,24 <i>b</i>



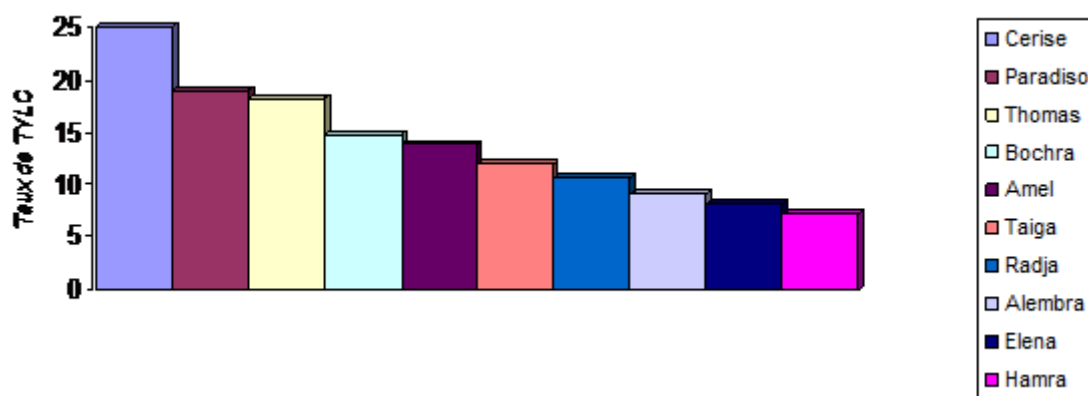
Graphique 1 : Importance du taux d'infestation par le TYLC en fonction des régions et des régions et des sites de géothermie

3.1.2. Importance des dégâts en fonction des variétés pratiquées en géothermie

L'analyse statistique basée sur la comparaison des moyennes (tab. 3) confirme l'importance de la nature des variétés utilisées en géothermie sur la variation du taux d'infestation des plantes de tomate par le TYLC. On distingue trois groupes statistiquement différents. La tomate cerise qui est la moins pratiquée par les agriculteurs se distingue par le taux d'infestation le plus élevé par le virus en question. Un deuxième groupe est constitué par les variétés Paradiso, Thomas, Bochra, Amel, et Taiga, dont les taux d'infestation sont plus faibles que celui de la tomate cerise et sont très comparables. Les variétés Radja, Alembra, Elena, et Hamra, statistiquement comparables, constituent un troisième groupe avec les taux d'infestations par le virus TYLC les plus faibles (Figure 2).

Tableau 3 : TYLC en fonction des variétés

Variétés	Nombre	Moyennes
Cerise	1	25,0 <i>a</i>
Paradiso	25	19,0 <i>ab</i>
Thomas	3	18,2 <i>ab</i>
Bochra	23	14,8 <i>ab</i>
Amel	30	13,9 <i>ab</i>
Taiga	4	11,9 <i>ab</i>
Radja	1	10,5 <i>b</i>
Alembra	2	9,0 <i>b</i>
Elena	65	8,1 <i>b</i>
Hamra	2	7,2 <i>b</i>



Graphique 2 : Importance du taux d'infestation par le TYLC en fonction des variétés de tomate cultivées

3.1.3. Importance des dégâts en fonction des dates de semis ou de repiquage des cultures de tomates

L'analyse statistique (tab.1) et la comparaison des moyennes (tab 4) permettent de montrer que les taux d'infestation des cultures de tomate par le TYLC dans les serres chauffées installées dans les principales régions à potentiel géothermique à savoir : Kebili, Gabès, et Tozeur, varient d'une façon hautement significative avec la date d'installation des cultures.

A l'exception de quelques dates, qui sont généralement représentées par une seule répétition, l'on constate que les serres plantées précocement, notamment au cours du mois d'août et au début du mois de septembre présentent les taux d'infestation les plus élevés. Par contre, les plantations tardives, particulièrement à la fin du mois de septembre et au cours du mois d'octobre sont relativement très faiblement infestées. Les premières populations de *Bemisia tabaci* qui arrivent sur les cultures d'arrière saison dans les serres se sont développées durant la saison estivale sur des végétaux variés soit dans les oasis ou dans des périmètres irrigués. Parmi les végétaux hôtes de *Bemisia tabaci* rencontrés dans ces écosystèmes, certains sont connus comme réservoirs du virus TYLC, plus particulièrement la pomme épineuse (*Datura stramonium* L.) et la morelle noire (*Solanum nigrum* L.). Ainsi, la plupart des adultes de *Bemisia tabaci*, qui arrivent au tout début des cultures d'arrière saison, sont virulifères, provoquant le taux d'infestation le plus élevé.

Du fait de la conscience des agriculteurs pour l'importance de ce virus et la possibilité de sa généralisation dans les serres, toute plante qui manifeste les premiers symptômes du virus est systématiquement arrachée et incinérée. Au cours de cette période des traitements chimiques intensifs appliqués par les agriculteurs, et l'éradication des plantes suspectes ont réduit énormément les quantités d'adultes de *Bemisia tabaci* porteurs du virus, et par conséquent le taux d'infestation sur les cultures plantées tardivement. En effet, les générations qui se développent sur les cultures dans les serres, malgré l'importance de leurs effectifs arrivant dans certains cas à développer de la fumagine sur les feuilles, notamment en fin de culture, ne sont pas responsables d'une forte apparition du virus sur les plantes.

Tableau 4 : le virus TYLC en fonction des dates de semis ou de repiquage

Dates	Nombre	Moyennes		Dates	Nombre	Moyennes	
12/9	1	40,00	a	16/9	1	3,00	gh
4/9	1	40,00	a	23/9	1	2,00	hi
31/8	1	35,00	b	18/9	1	2,00	hi
2/9	1	30,00	c	2/10	1	1,00	i
6/9	1	25,00	d	30/9	1	1,00	i
18/8	4	20,87	e	15/10	1	0,90	i
19/8	5	20,70	e	10/10	1	0,90	i
22/8	5	20,64	e	22/9	10	0,62	i
23/8	5	20,18	e	21/9	5	0,30	i
20/8	5	20,02	e	26/9	7	0,28	i
8/9	5	5,22	f	6/10	6	0,16	i
4/10	5	5,16	f	29/9	5	0,16	i
14/9	1	4,00	fg				

3.1.4. Importance des dégâts en fonction des produits chimiques appliqués

Devant l'importance des dégâts provoqués par le virus TYLC sur les cultures de tomate d'arrière saison dans les serres chauffées au sud tunisien, et en l'absence de programmes de lutte intégrée contre le ravageur *Bemisia tabaci*, une vingtaine de produits chimiques les plus variés ont été utilisés. Treize produits ont été appliqués dans la même serre par le même agriculteur. Toutefois, le « Confidor » et le « Narvel » sont les seuls produits qui ont montré une différence significative entre les taux d'infestation par le TYLC, suite à leurs actions sur les adultes de *Bemisia tabaci*. Ce résultat qui montre l'efficacité de deux produits uniquement parmi une vingtaine de produits appliqués, confirme davantage l'apparition du phénomène de résistance aux pesticides chez la population de la mouche blanche.

4. CONCLUSION

Les dégâts indirects occasionnés dans les serres chauffées du sud tunisien au cours de ces dernières années par la transmission de la maladie virale du TYLC sur les cultures de tomates provoqués par *Bemisia tabaci*, constituent une contrainte réelle pour le développement de cette culture en géothermie. L'utilisation presque exclusive des produits chimiques a permis le développement d'une population résistante de *Bemisia tabaci* contre les produits les plus utilisés, limitant la liste à deux produits « Confidor » et « Narvel » qui risquent de perdre leur efficacité.

Le taux d'infestation est variable d'une région à l'autre et d'un site à l'autre. Il varie de 0 à 47,5% , sous l'influence de plusieurs facteurs, notamment la date d'occupation de la serre, la variété cultivée, les produits chimiques utilisés, l'environnement et l'emplacement du site par rapport aux autres écosystèmes tels que les oasis et les périmètres irrigués qui sont généralement des milieux favorables pour le développement et le maintien des populations des mouches et des virus.

Pour réussir un programme de lutte contre la mouche blanche et son virus associé, il est primordial de prendre les mesures prophylactiques possibles, notamment l'isolement des serres des autres écosystèmes agricoles, l'utilisation des variétés de moindre sensibilité telles que la variété Bochra pour le type allongé, et la variété Elena pour les variétés rondes. Ces deux variétés sont d'ailleurs, les plus utilisées par la société « 5^{ème} saison » (Khubayet) dont le taux d'infestation est le plus faible par rapport aux autres sites étudiés.

Une occupation tardive des serres pourrait permettre aux cultures, d'échapper aux premiers vols de populations d'adultes virulifères de la mouche blanche. L'utilisation des produits chimiques, bien qu'elle soit efficace dans certains cas si elle est bien appliquée, reste limitée et pose beaucoup de risques d'apparition des populations résistantes.

La présence de parasitoïdes indigènes, qui se sont montrés efficaces aussi bien naturellement dans la serre biologique que dans les conditions contrôlées du laboratoire, ouvre des grandes perspectives pour leur utilisation dans le cadre d'un programme de lutte intégrée.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bel Kadhi, M.S. Joost V.D, Aoun F., (1993). Effet de l'énergie géothermique et la solarisation du sol, sur les nématodes associés aux cultures sous-serre chauffée .*Revue des régions arides* N° 1/93 pp91-101.
- Bel Kadhi, M.S. (1996). Bilan des études et des travaux de recherche en matière de défense des cultures dans les oasis et les serres chauffées .*Revue des régions arides* ISSN 0330-7956.PP204-216.
- Blancard D. (1988). Maladie de la tomate. *Revue horticole, INRA Station de pathologie végétale 84140 Montfavet. pp 212.*
- Centre Technique des Cultures Protégées et Géothermiques(CTCPG) (2013). Stratégie de développement du secteur des cultures géothermiques dans le sud tunisien. Rapport en arabe. Pp 60.
- Oliveira MRV, Henneberry TJ, Anderson P. (2001). Projets de recherche Histoire, la situation actuelle, et de collaboration pour Bemisia tabaci. *Protection des cultures*, 20 (2001), pp 709-723.
- Perring TM. (1996). Les différences biologiques de deux espèces de Bemisia qui contribuent à l'avantage adaptatif. Intercept Ltd, Andover, Hants, Royaume-Uni (1996), pp 3-16.
- Wan F.H , Zhang GF, SS Liu, C. Luo, D. Chu, YJ Zhang, LS Zang, M. Jiu, ZC Lü, Cui XH, LP Zhang, F. -Zhang, Zhang QW, WX Liu, P. Liang, ZR Lei, YJ Zhang, (2009). Mécanisme invasif et de la stratégie de gestion de Bemisia tabaci B (Gennadius) biotype: rapport d'étape de 973 programme sur les espèces exotiques envahissantes en Chine. *La science en Chine Série C: Sciences de la Vie*, 25 (2009), pp 88-95.
- Zhang GF, ZC Lü, FH Wan (2007). Détection de Bemisia tabaci (Homoptera: Aleyrodidae) reste dans les intestins des prédateurs à l'aide d'un séquence-caractérisé marqueur de région amplifiée. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 123 (2007), pp 81-90.

Evaluation des dégâts provoqués par les différents stades larvaires de *Tuta Absoluta* (Lepidoptera: Gelichidae)

ETTAIB Refki, BELKHADI Mohamed Sadok, AOUN Faouzi
Institut des Régions Arides, 4119 Médenine, Tunisie

RESUME

Depuis la campagne 2008-2009, les cultures de tomate sous serres géothermiques, souffrent des attaques d'une nouvelle mineuse : *Tuta absoluta* (Meyrick) qui a provoqué des pertes importantes dans la production. Les dégâts les plus importants sont enregistrés au niveau des feuilles qui, en cas de forte infestation peuvent devenir totalement blanches par suite de la destruction du parenchyme en aménageant des galeries.

L'étude et l'évaluation des dégâts provoqués par *Tuta absoluta* sur les feuilles de tomate sous serres ont montré le grand danger de cet insecte pour la culture de tomate. En effet, en l'absence de toute intervention, dans les conditions des serres géothermiques du sud tunisien, un couple de l'insecte ravageur *Tuta absoluta* arrive à détruire la totalité des feuilles d'une serre de tomate d'une superficie de 500 m² en soixante neuf (69) jours.

Mots clés : géothermie, culture de tomate, mineuse de la tomate (*Tuta absoluta*).

SUMMARY

Since the 2008-2009 campaign, tomato crops in geothermal greenhouses suffer attacks of a new miner; *Tuta absoluta* (Meyrick) that caused significant losses in production. The most significant damage occurred in the leaves, which in severe infestation can become completely white due to the destruction of the parenchyma through galleries.

The study and evaluation of damage caused by *Tuta absoluta* on tomato leaves in greenhouses showed the great danger of this insect to the tomato crop. Indeed, in the absence of any intervention, in terms of geothermal greenhouses in southern Tunisia, a couple of the insect pest *Tuta absoluta* can completely destroy all the leaves of a tomato greenhouse of 500 m² are in sixty nine (69) days.

Key words: geothermal, tomato crop, tomato leafminer (*Tuta absoluta*).

1. INTRODUCTION

L'utilisation des eaux géothermiques en agriculture dans les régions du Sud tunisien a connu une évolution remarquable, au cours des dernières décennies. La superficie des serres géothermiques arrive à 251,9 ha exploités au cours de la campagne 2012-2013 (CTCPG, 2013).

Les productions reposent essentiellement sur la culture de tomate qui occupe la première place avec 82% du total de la production, puis les cultures du concombre et du cornichon avec 7,2%. Le melon représente 5,2% et le reste la pastèque, gombo, piment et aubergine représentant 5,5% (CTCPG, 2013). Malgré cette importance économique, ce secteur se trouve confronté à plusieurs contraintes qui gênent sa durabilité. Il est exposé, en effet, à un large éventail de facteurs environnementaux défavorables d'ordre abiotiques et biotiques. Parmi les problèmes biotiques limitant la production des cultures sous serres chauffées et irriguées par les eaux géothermiques au Sud tunisien, on rencontre divers agents pathogènes (Belkadhi et al., 1993; Belkadhi, 1996).

Belkadhi (1986) et Blancard (1988) ont précisé les principaux problèmes phytosanitaires telluriques attaquant la tomate, notamment les Nématodes à Galles et les maladies vasculaires (la Verticilliose et la Fusariose vasculaire), mais depuis la campagne 2008-2009, les cultures de tomate se trouvent attaquées par une nouvelle mineuse *Tuta absoluta* Meyrick. Les premières observations ont été notées en octobre. Cet insecte est considéré comme un grand obstacle à la production de tomates, par pertes occasionnées qui peuvent atteindre 100%.

2. MATERIELS ET METHODES

Les plantes de tomate peuvent être attaquées à tout stade du développement, depuis les jeunes plantules jusqu'à la maturité. Les jeunes larves sont capables de pénétrer dans les différentes parties de la plante de tomate occasionnant des dégâts très importants. En effet, les larves ont été rencontrées sur et dans les feuilles (fig. 1- a), dans les fruits (fig. 1- b) et dans les tiges de tomate (Fig1-c) sur lesquelles ils se nourrissent et se développent en créant des mines et des galeries.

Sur les feuilles, les larves se nourrissent uniquement du mésophyle, laissant l'épiderme intact. Les mines au niveau des feuilles sont irrégulières et se nécrosent.

Les galeries de la mineuse *Liriomyza* qui est un diptère ressemblent à celles de *Tuta absoluta*. Cependant, les galeries de *Tuta absoluta* se distinguent par la formation des plages, tandis que celles de *Liriomyza* sont en forme de tunnel et s'évasent très progressivement. Les déjections de *Tuta absoluta* sont dispersées dans la galerie, alors que celles de *Liriomyza* forment un étroit filet à l'intérieur de la galerie. En fin, les larves de *Tuta absoluta* sont de véritables chenilles dont on voit nettement la tête et les pattes, alors que celles de *Liriomyza* sont des asticots, sans tête distincte ni pattes.



L'évaluation des dégâts de *Tuta absoluta* sur tomate a été déterminée par échantillonnage au niveau des feuilles attaquées. Les échantillons de feuilles de tomate sont prélevés d'une culture de tomate attaquée par *Tuta absoluta* dans la serre expérimentale installée à l'Institut des Régions Arides à Kébili. Fraichement prélevées les feuilles infestées présentant des galeries larvaires sont analysées immédiatement au laboratoire.

Le mois de mars présente des conditions très favorables pour la multiplication de l'insecte. C'est en effet, au cours de cette période de l'année que l'analyse et l'évaluation des dégâts étaient entreprises.

Dans le laboratoire, on choisie les folioles infestées présentant des galeries larvaires. Les folioles sont de différentes dimensions et peuvent abriter plusieurs mines. Chaque mine contient un stade larvaire bien déterminé, et ainsi, sur la même foliole à plusieurs mines on peut rencontrer les différents stades de développement larvaire de l'insecte.

Pour faciliter l'évaluation des dégâts provoqués par chaque stade larvaire, on sélectionne les folioles avec une seule mine et par conséquent avec une seule larve d'un stade de développement bien déterminé.

Avant de passer à l'évaluation des dégâts par la détermination du pourcentage de la superficie endommagée par la larve, une analyse sous loupe binoculaire pour identifier et déterminer le stade de développement de la larve est réalisée. Cette opération nous a permis de sélectionner cinq folioles pour chaque stade de développement, représentant ainsi cinq répétitions de chaque cas. *Tuta absoluta* présente quatre stades de développement larvaire, vingt échantillons représentant tous les stades larvaires ont été analysés.

L'analyse commence par la représentation du contour de la foliole et le contour de la mine sur un papier blanc. On détermine ensuite, la superficie totale de la foliole et la superficie de la mine à l'aide d'un planimètre. Ces données ont permis de déterminer les dégâts provoqués par chaque stade larvaire et par conséquent les dégâts occasionnés par les descendants d'une femelle de l'insecte.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

L'étude et l'évaluation des dégâts provoqués par les différents stades larvaires de *Tuta absoluta* sur la culture de tomate conduite dans les serres chauffées dans le sud tunisien ont été réalisées en se basant sur la détermination de la surface de la galerie aménagée par la larve par rapport à la surface totale de la feuille attaquée.

L'analyse des résultats montre que l'importance de la galerie augmente avec l'évolution de la larve. Les dégâts provoqués par le stade le plus avancé sont plus importantes que ceux du stade qui le précède, et ainsi de suite. En effet, la quantité du matériel végétal consommée par la larve est fonction de sa longévité et de ses besoins nutritionnels quotidiens.

Durant son cycle biologique et notamment par le biais de ses différents stades larvaires, *Tuta absoluta* peut détruire 29,54% de la surface verte d'une foliole. Ainsi, les différents stades larvaires issus de 3 à 4 œufs de *Tuta* sont capables de détruire une foliole entière. Si l'on connaît déjà qu'une feuille de tomate est formée généralement de 10 folioles, 30 à 40 œufs de *Tuta*, soient une moyenne de 35 œufs, sont suffisants pour donner une population larvaire capable de détruire une feuille entière. En pleine production une plante de tomate dans une serre chauffée atteint une hauteur de deux mètres (niveau de support de culture). La variété de tomate « Maria » la plus fréquemment utilisée dans les serres chauffées au cours de ces dernières années dans la région de Kébili et étudiée dans notre cas. Elle est caractérisée par une longueur des entre nœuds de huit (8) centimètres (partie située entre deux feuilles successives). Ainsi, une telle plante comporte en général 25 feuilles, et par conséquent les différents stades larvaires descendant de 875 œufs de *Tuta* sont capables de détruire totalement une plante.

Tableau 1 : Pourcentage des dégâts sur feuille de tomate en fonction des stades larvaires de *Tuta absoluta*

Stade	Surface Total de la foliole (cm ²)= A	Surface de mine (cm ²)= B	A/B X100	% moyen
L1	58	0.3	0.51	0.52
	43	0.24	0.55	
	56	0.29	0.51	
	47	0.23	0.48	
	45	0.26	0.57	
L2	19.61	0.98	4.99	5.67
	79.05	1.81	2.28	
	49.40	1.27	2.51	
	25.31	0.76	7.23	
	8.35	0.95	11.37	
L3	16.90	1.88	11.12	10.86
	30.78	2.08	6.53	
	28.13	4.91	17.45	
	35.93	2.60	7.23	
	33.72	4.04	11.98	
L4	12.27	2.18	17.7	12.49
	14.22	2.63	18.49	
	64.79	5.45	8.41	
	51.59	5.35	10.37	
	53.24	4.03	7.5	

Au niveau du secteur géoserricole dans la région de Kébili qui est caractérisé par les petits projets, les abris serres les plus pratiqués sont d'une superficie de 500 m². Un élément de serre de ce type est occupé généralement d'une moyenne de 1200 plantes. Une plante étant détruite par les descendants de 875 œufs, d'où **1.050 000** œufs de *Tuta absoluta* sont suffisants pour la destruction totale d'une culture de tomate dans une serre.

Durant sa vie une femelle de *Tuta absoluta* donne 250 œufs. Le sexe ratio de cet insecte est égal à 1, c'est-à-dire que la population adulte est formée de 50 % des males et 50 % des femelles. La durée d'un cycle biologique étant de 23 jours (Ettaieb et Bel kadhi, 2010). Ainsi, à la fin du cycle du premier couple on aboutira à 250 individus dont 125 sont des femelles. Ces dernières vont se reproduire pour donner au cours d'un cycle de 23 jours une population de 31 250 adultes dont 50 % sont des femelles qui vont se reproduire à leur tour pour donner au bout des 69 jours, à partir de l'installation du

premier couple, une population adulte de **3 906 250** individus. Le nombre d'œuf ainsi obtenu, dépasse de loin le nombre d'œufs, qui est de **1.050 000 œufs**, suffisant pour donner une population larvaire capable de détruire entièrement la culture de tomate dans une serre de 500 m² (schéma). Ainsi, on peut conclure qu'en absence des mesures de contrôle pour limiter la population de l'insecte, un seul couple de *Tuta absoluta* arrive à détruire totalement la partie végétative de la culture dans une période de soixante neuf jours(69) (Photo) et par conséquent anéantir la production. Cette période est d'ailleurs très limitée pour permettre la production d'une culture de tomate.

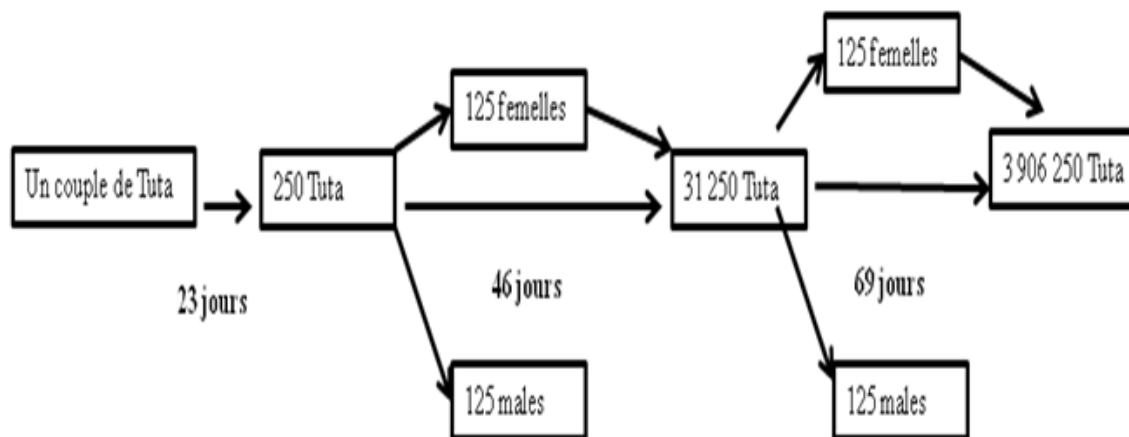


Schéma 1 : Multiplication d'un couple de *Tuta absoluta* sur culture de tomate à 27°C



Photo : culture de tomate détruite par *Tuta absoluta*

4. CONCLUSION

La géoserriculture dans le sud tunisien constitue un axe de développement agricole très important. Grâce à un grand potentiel géothermique dans les Gouvernorats de Kébili, Gabes et Touzeur, ce secteur a connu un grand développement depuis son démarrage en 1986. Malgré son importance, ce secteur est sujet à plusieurs contraintes techniques et phytosanitaires.

Parmi les problèmes portant préjudices aux cultures de tomate sous serre géothermique, le problème de l'insecte *Tuta absoluta*, nouvellement introduit, reste encore peu étudié dans cet agro écosystème particulier.

L'étude et l'évaluation des dégâts provoqués par *Tuta absoluta* sur les feuilles de tomate sous serres ont montré le grand danger de cet insecte pour le développement du secteur géoserricole dans le sud Tunisien. En effet, la culture de tomate qui constitue la principale culture dans les serres géothermiques avec la production la plus exportée, se trouve devant une menace réelle qui peut

limiter son développement. Un seul couple de l'insecte *Tuta absoluta*, en l'absence des mesures de contrôle et des traitements, une fois introduit précocement dans la serre arrive à développer une population larvaire largement suffisante pour détruire la totalité des feuilles d'une serre de tomate en 69 jours. Ainsi, la production sera trop réduite voire même nulle.

Le danger de ce ravageur est aggravé par l'importance de son spectre d'hôtes varié qui dépasse les solanacées pour s'élargir sur d'autres plantes d'autres familles botaniques, notamment, les *Brassicaceae*, les *Asteraceae* et les *Amaranthaceae* (Ettaieb et Bel kadhi, 2010).

Les résultats du présent travail constituent une base pour développer davantage l'étude de *Tuta absoluta* sur les cultures de tomate en géoserriculture du sud tunisien.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bel Kadhi, M.S, (1986) :Contribution à l'étude des problèmes posés par les nématodes associés aux pépinières d'arboriculture fruitière en tunisie. Mémoire de fin d'étude du cycle de spécialisation. INAT.Tunisie pp124.
- Bel Kadhi, M.S. Joost V.D, Aoun F., (1993) : Effet de l'énergie géothermique et la solarisation du sol, sur les nématodes associés aux cultures sous-serre chauffée. *Revue des régions arides* N° 1/93 pp91-101.
- Bel Kadhi, M.S. (1996). Bilan des études et des travaux de recherche en matière de défense des cultures dans les oasis et les serres chauffées. *Revue des régions arides* ISSN 0330-7956 .pp. 204-216.
- Blancard D. (1988). Maladie de la tomate. *Revue horticole, INRA Station de pathologie végétale 84140 Montfavet*. Pp 212.
- Centre International de la Papa, (1996). Major Potato Diseases, Insects, and Nematodes, 3rd edn. *Centro Internacional de la Papa, Lima (PE)*.
- Centre Technique des Cultures Protégées et Géothermiques, (2013). Stratégie de développement du secteur des cultures géothermiques dans le sud tunisien. *Rapport en arabe*. Pp 60.
- Ettaieb R. et Bel kadhi M.S, (2010). Etude bioécologique de *Tuta absoluta* (Lepidoptera : Gelechiidae) associé aux cultures de tomate sous serre géothermique dans le sud tunisien. *Master en Ecophysiologie Végétale. Faculté des Sciences de Tunis*. Pp49.

Utilisation des Triterpènes de *Mentha piperita*, *Capsicum frutescens* et *Olea europaea* en tant que phytoinsecticides contre le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

Tail Ghania, Dilmi Amina, Amirouche Nesrine, Kara F.Z.

Département de Biologie, Faculté des sciences Agro-vétérinaires & Biologiques, Université Saad Dahlab Blida
Algérie

Email : ghaniatail@yahoo.fr

RESUME

Dans la perspective d'élaborer une stratégie de gestion intégrée des locustes, l'activité biologique des triterpènes extraits des feuilles *Mentha piperita*, *Olea europaea* et de fruits de *Capsicum frutescens* sur la survie des adultes de *S. gregaria* a été étudiée en conditions contrôlées. Les triterpènes dissous dans de l'acétone à 2% ont été appliqués par ingestion pendant 24h aux deux doses (d1=2g/100ml et d2=6g/100ml) pour chaque plante.

L'évaluation de l'activité insecticide des triterpènes sur les adultes du criquet pèlerin par ingestion montre que *Mentha piperita* a une action la plus forte par rapport à *Capsicum frutescens* avec des taux de mortalités respectivement 100% et 62,5%. Cependant *Olea europaea* a présenté un effet anti appétant avec un taux de mortalité de 25%. L'examen des doses létaux 50 (DL 50) montre pour les adultes de criquet pèlerin que la dose la plus faible est obtenue avec les triterpènes de *Mentha piperita* (1,77g/100ml) puis *Capsicum frutescens* (4,1g/100 ml). ceci confirme l'effet toxique de triterpènes de *Mentha piperita*.

Cependant, on n'a pas pu déterminer la DL50 d'*Olea europaea* car la mortalité des individus expérimentés n'a pas atteint le 50% durant notre période d'étude. La poursuite des recherches en vue de découvrir d'autres métabolites secondaires susceptibles d'avoir une action biocide sur les ravageurs des cultures en général et le criquet pèlerin en particulier est un impératif urgent.

Mots clés : activité biologique, Bioinsecticide, *Capsicum frutescens*, *Mentha piperita*, *Olea europaea*, *Schistocerca gregaria*,

SUMMARY

From the perspective of developing a strategy for the integrated management of locusts, the biological activity of triterpenes extracted from *Mentha piperita* leaves, *Olea europaea* and the fruits of *Capsicum frutescens* on the survival of adult *S. gregaria* was studied under controlled conditions. Triterpenes dissolved in acetone 2% were applied orally for 24 at both doses (d1 = d2 = 2g/100ml and 6g/100ml) for each plant. The evaluation of the insecticidal activity of triterpenes on adult locust ingestion shows that *Mentha piperita* has the highest relative to *Capsicum frutescens* share with mortality rates respectively 100% and 62.5%. However *Olea europaea* presented an anti palatable effect with a mortality rate of 25%.

Review of lethal doses 50 (LD 50) shows for adults locusts that the lower dose is obtained with triterpenes *M. piperita* (1.77 g/100 ml) and *C. frutescens* (4.1 g/100 ml) this confirms the toxic effect of triterpenes *Mentha piperita*. However, we could not determine the dl 50 *Olea europaea* as mortality experienced individuals did not reach 50% during our study period. Further research to discover other secondary metabolites may have a biocidal effect on pests in general and locusts in particular is an urgent imperative.

Keywords: biological activity, *Mentha piperita*, *Capsicum frutescens*, *Olea europaea*, *Schistocerca gregaria*, Bioinsecticide

1. INTRODUCTION

Les plantes aromatiques et médicinales constituent une véritable banque des molécules chimique qui sont les métabolites secondaires. Ces métabolites interviennent de façon déterminante dans l'adaptation des plantes à leur environnement. Outre leurs implications dans les fonctionnements des végétaux, et leur défense. Parmi ces insectes nuisibles, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) considérée comme l'un des ravageurs majeurs à l'échelle internationale, en raison de sa mobilité et son régime très varie. L'utilisation d'insecticides chimiques constitue à l'heure actuelle la technique la plus utilisée pour lutter contre les insectes nuisibles. Cependant, l'emploi intensif et inconsideré de ces

insecticides a provoqué une contamination de la biosphère et de la chaîne alimentaire. Il est donc nécessaire d'orienter vers la lutte biologique par l'utilisation de substances naturelles actives non polluantes et s'utilisant dans une lutte moins nocive et plus raisonnée. Au cours de cette étude nous sommes intéressées dans un premier temps à l'extraction des triterpènes à partir de 3 plantes à savoir : *Mentha piperita*, *Olea europaea*, *Capsicum frutescens* et évaluer dans un second temps l'activité insecticide de ces molécules sur le Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* en conditions de laboratoire.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Les insectes

Les individus de *Schistocerca gregaria* ayant servi aux expériences, proviennent d'un élevage de masse réalisé au niveau département d'Acridologie de l'Institut National de la Protection des Végétaux d'El Harrach (Alger). Les individus sont élevés dans des enceintes parallélépipédiques, de dimensions 60 x 40 x 56 cm. L'élevage est maintenu à une température de 30°C, à une humidité relative voisine de 80 % et à une photopériode alternée L/D : 12h /12h. Les criquets sont alimentés quotidiennement de blé *Triticum durum*, de chou *Brassica oleracea*, de gazon *Pennisetum dichotomum* et d'un complément protéique à base de son de blé. Les mêmes conditions de température et d'humidité ont été retenues pour réaliser nos expériences.

2.2. Les plantes

Les feuilles des deux plantes *Mentha piperita* et *olea europaea* ont été récoltées dans la région de Chréa de la wilaya de Blida (Algérie) à la fin du mois de février 2010. Les fruits secs de *Capsicum frutescens* ont été achetés au marché local de Blida. Les plantes ont été séchées à l'ombre et à l'abri de l'humidité et ensuite broyées.

2.3. Extraction au soxhlet

Les extraits bruts ont été obtenus à partir des feuilles de *Mentha piperita* et *Olea europaea* et le fruit de *Capsicum frutescens* par soxhlet. 40 g de poudre de chaque plante ont été extraits au soxhlet dans 400 ml d'acétone. Nous avons laissé chauffer continuellement de manière à amorcer successivement environ 12 cycles d'extraction (siphonages). Pour le recyclage du solvant (acétone), on a eu recours à une distillation en utilisant l'évaporateur rotatif. pour obtenir d'une part le solvant (acétone) et d'autre part la concrète acétonique.

2.4. Fractionnement

La technique consiste à dissoudre 3g d'extrait brut dans 50ml d'éther de pétrole pendant 2 minutes. Le mélange est transféré par la suite dans une ampoule à décanter dans la quelle on a procédé à 3 bains successifs de méthanol aqueux (50%) de 25ml. La phase méthanolique est éliminée tandis que la phase éther de pétrole est évaporée à sec.

2.5. Séparation des triterpènes par chromatographie sur colonne

La séparation de la fraction triterpénique à partir de chaque extrait brut se fait par la chromatographie sur colonne. Les fractions donnant un résultat positif au test de Lieberman/Buchard (couleur vert ou vert bleu) sont rassemblées et soumises à l'évaporation à l'air libre (élimination de la phase mobile) (Wagner et Bladt, 1996). La fraction triterpénique isolée est utilisée pour les essais biologiques.

2.6. Tests biologiques

Les imagos nouvellement exuvies sont traités par ingestion. La technique consiste à tremper des feuilles de blé au préalable, avant la mise en contact avec les insectes, dans la fraction triterpénique de la plante à tester pendant 20 à 30 secondes puis à sécher à l'air libre pendant 30 minutes pour évaporer l'acétone. les concentrations testées sont 2 et 6 g/100 ml d'acétone. Pour chaque concentration, les essais ont été répétés trois fois. Parallèlement 10 individus de même âge nourris sur un substrat alimentaire traité avec l'acétone à 1%, constituent le lot témoin.

2.7. Analyse des données

Les comparaisons des moyennes ont été effectuées à un degré de signification de 5 % en utilisant le test S.N.K. (Student-Newman-Keuls). Les données sont représentées sous forme de moyenne (\pm Ecart type) établie sur un effectif qui est précisé dans les résultats. La chronologie de la mortalité des imagos expérimentés (27h après traitement) a été estimée au moyen de la régression (Excel). Les mortalités ont été corrigées selon la méthode d'Abbott (1925). Les (DL50) sont déterminées à partir de l'équation de la droite de régression obtenue théoriquement en prenant en compte les probits des mortalités corrigées en ordonnées et les log à base de 2 des doses en abscisse. On déterminera la dose qui correspond à un probit de 5 (50% de mortalité) d'où la DL50.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Rendement d'extraction

Les rendements d'extraction ont montré que *Olea europaea* a donné le taux le plus élevé avec 6,94% suivi par *Capsicum frutescens* (4,79%) et *Mentha piperita* (3,79%) (Tableau 1):

Tableau 1. rendement des extraits bruts des plantes testées

Extrait brut	Aspect	Masse(g)	Rendement(%)
<i>Mentha piperita</i>	Pâte collante verte	15,16	3,79
<i>Capsicum frutescens</i>	Pâte huileuse rouge	19,16	4,79
<i>Olea europaea</i>	Poudre cristalline verte	27,76	6,94

3.2. Cinétique de la mortalité

D'après les résultats, une forte activité insecticide est notée chez les sujets traités par les triterpènes extraits de *M. piperita*. La mortalité a débuté le 2^{ème} jour avec un taux de mortalité de 25% et 37,5%, respectivement, pour la D1 et la D2 pour atteindre 100% au 3^{ème} jour pour D2 (Fig. 1A). Nos résultats sont similaires à ceux obtenus par Benayade (2008) qui a signalé que les triterpènes de *Mentha piperita* se sont avérées plus efficaces contre les deux Coléoptères : *Sitophilus oryzae* et *Rhizopertha dominica*. Lambert *et al.* (1985), Morton *et al.* (1981) et Shaya *et al.* (1991) ont montré que les espèces de la famille de lamiacées sont les plus utilisées pour lutter contre les insectes.

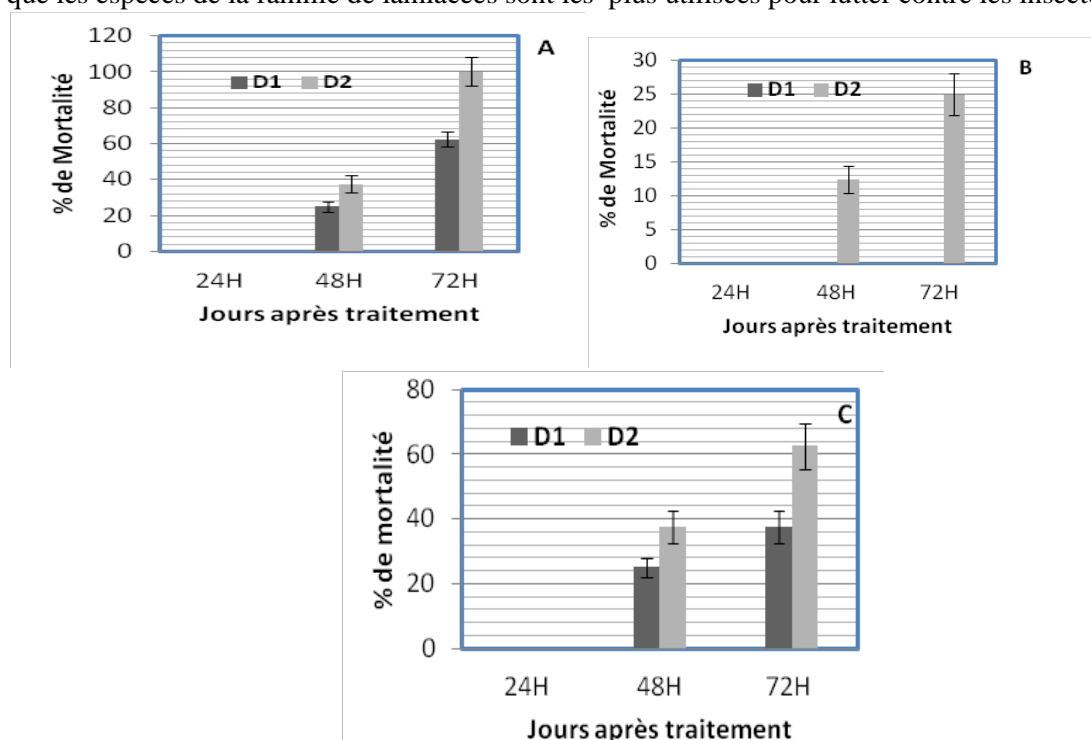


Figure 1. Evolution journalière de la mortalité (%) des adultes de *S. gregaria* traités par la fraction triterpénique extraite des feuilles de *M. piperita* (A), d'*O.europaea* (B) et des fruits de *C. frutescens* (C) après 72 heures d'exposition (m \pm Ecart type, n= 30 par dose).

Pour ce qui est d'*O. europaea*, la mortalité des individus traités a commencé 48h jour avec un taux de 12,5% et 25% après 72h suivant le traitement uniquement avec la D2 avec l'apparition d'une coloration noire au niveau de l'abdomen (Figure 1B). Le faible taux de mortalité enregistré pour *Olea europaea* peut être dû à la réduction de la prise de nourriture par les criquets. Ceci est vraisemblablement dû à la présence des substances secondaires répulsives ou anti-appétantes chez l'olivier ce qui est démontré par les travaux de Ben-Hamouda (1994). De même, Bendou (2001) et Ammar *et al.* (1995) mentionnent que les feuilles d'olivier ont un effet répulsives et anti-appétant sur le criquet migrateur. Le noircissement de la face ventrale chez les individus traités par les tritèrpenes d'olivier est à l'origine de la réaction enzymatique de la toxine d'après Tankaridan-Badjo(2001) in Yezid (2001).

D'après les résultats, nous constatons également, que le taux de mortalité chez les adultes traités par les tritèrpenes de *Capsicum frutescens* est de 25% et 37,5% respectivement pour la D₁ et la D₂ 48h après le traitement. Ces taux atteignent 37,5% et 62,5% successivement pour D₁ et D₂ 72 h d'expérimentation (Fig.1C). Bouchelta *et al.* (2005) ont confirmé l'effet insecticide des alcaloïdes, saponines et flavonoïdes de *Capsicum frutescens* sur *Bemisia tabaci* (la mouche blanche du cotonnier), et ils ont montré que les alcaloïdes sont plus efficace par rapport aux autres métabolites secondaires. Fahad *et al.* (2009), ont obtenu des mortalités de 100% de *Ceratitis capitata* (la mouche de fruit et légume) traité par l'extrait ethanologique de *Capsicum frutescens* avec déformation et capacités de vols faible au bout de 5 jours de traitement.

3.3. Doses létales 50 (DL50)

Afin d'évaluer les DL50 des tritèrpenes des trois plantes testés sur les adultes de *Schistocerca gregaria*, nous avons tracé des droites de régression des probits en fonction des logarithmes décimaux des doses.

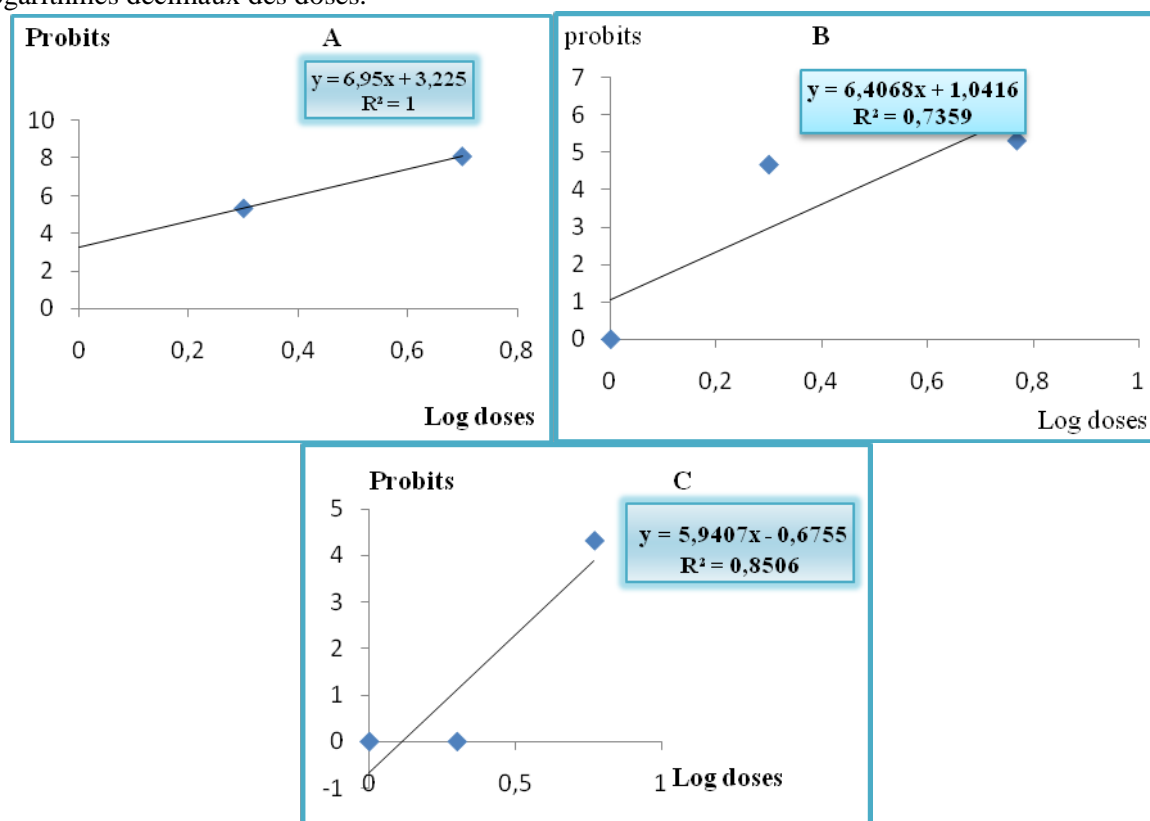


Figure 2. DL50 de des fractions tritèrpeniques extraites utilisées sur les adultes de *S. gregaria* de *M. piperita* (A), de *C. frutescens* (B) et d'*O. europaea* (5).

Les DL 50 calculées pour les adultes de criquet pèlerin ont montré que parmi les 3 fractions tritèrpeniques testés, deux se sont révélés intéressantes en terme de toxicité et qui sont la fraction de *Mentha piperita* et celle de *Capsicum frutescens*. La faible valeur de la DL50, 1,77 g/100ml calculée pour les tritèrpenes de *Mentha piperita* après 3 jours de traitement confirme le degré élevé de l'effet

insecticide par rapport à celui de *Capsicum frutescens* avec 4,1g/100ml. Concernant la fraction triterpénique d'*Olea europaea*, nous n'avons pas pu déterminer la DL50 car la mortalité observée au cours de notre expérimentation n'a pas dépassé 50%.

RÉFÉRENCES

- Abbott W. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ.Entomol*, 18, 265-267.
- Ammar M, Barbouche N, Ben Hamouda M.(1995).Action des extraits décomposés des feuilles de *Cestrum parqui* et de *Olea europaea* sur la longévité et la croissance du criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria*. Med. Fac. Landbouww, 831-835.
- Bendou R. (2001).Contribution à l'étude anatomique histophysiologique de l'appareil digestif de *Locusta migratoria* (Orthoptera).Action histopathologique des extraits polyphénols totaux de feuille d'olivier *Olea europaea* sur le tractus digestif du criquet migrateur. Thèse magister. Institut .National Agronomie .El-Harrache , 163 p.
- Ben Hamouda MH, (1994).Recherche sur l'effet des extraits des plantes sur l'alimentation et le développement de criquet pèlerin .Institut.National .Agronomie,Tunisie, 10 p.
- Benayad A, (2008). Les huiles essentielles extraites des plantes médicinales Marocaine : moyenne de lutte contre les ravageurs des denrées alimentaires stockées. Thèse de magister. Université de Maroc, Faculté des de sciences, 60 p.
- Bouchelta A,Boughdad A, Blenzen A, (2005). Effet biocides des alcaloïdes, saponines et flavonoïdes extraits de *Capsicum frutescens* L.(solanaceae) sur *Bemisia tabaci* (gennadius) (Homoptera : Aleyrodidae) .Université de Maroc, faculté biologique , 260 p.
- Fahad K,Lhalori S,Blenzar A, (2009). Effet bioinsecticide des extraits de *Capsicum frutescens* L. sur *Ceratitis capitata* Wiedemann(1824). Université de Maroc. Science agronomie. Institut National Agronomie Maroc.
- Lamber J, Arnason JT, Philogène BJR, (1985). Bruchid control with traditionally used insecticidal plants *Hyptis spicigera* and *Cassia nigricans*. *Insect Science and its Application* 6, 167-170.
- Morton JF, (1981). Atlas of Medicinal plants of Middle America. Thomas, Springfield, pp761-763.
- Shaaya E, Kostjukovski M, Eilberg J, Sukprakan C. 1997. Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. *Journal*
- Tankari Dan Badjo A, (2001).Cycle biologique de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) sur *Brassica oleracea* (crucifère). Etude comparative de la toxicité de trois plantes acridifuges chez les larves de cet acridien. Thèse Ingénieure Agronomie, Institut National Agronomie ,Ouargla, p89.
- Yazzid R., (2001). Effet quelques plantes *Eucalyptus gomphocephala*, *Olea europaea* et *Schinus molle* sur les larves de 5^{ème} stade de *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) dans des conditions contrôlées .Thèse ingénieure, science, agronomie,Université de Blida, 47 p.
- Wagner H, Bladt S, (1996). Plant drug analysis, a thin layer chromatography atlas (2nd edition) Berlin: Springer, 384 p.

How to Get Rid of the two spotted spider mites?

Sabrina Attia^{a*}, Kaouthar Lebdi Grissa^b, Stéphanie Heuskin^c, Georges Lognay^c, Anne Catherine Mailleux^a,
Thierry Hance^a

^aEarth and Life Institute, Biodiversity Research Centre, Université Catholique de Louvain, 4-5, Place Croix du sud, B- 1348 Louvain-la-Neuve, Belgium.

^bLaboratoire d'Entomologie-acarologie. Institut National Agronomique de Tunisie, 1082 Cité Mahrajène, Tunis, Tunisia.

^cUniversité de Liège, Gembloux Agro-Bio Tech, Laboratoire de Chimie Analytique, Passage des Déportés, 2, B-5030 Gembloux, Belgium.

Corresponding author: sabrine.attia@uclouvain.be, sabine_bio5@yahoo.fr

SUMMARY

Two essential oils were tested for their toxicity against eggs and adults of *Tetranychus urticae* Koch as well as adults of *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot, by using a filter paper diffusion bioassay without allowing direct contact. Responses varied according to oil type and dose, and mite species. The chemical analyses with GC-MS and GC-FID revealed that the two oils differed in their most abundant components. The most abundant components in the *Citrus* oil were linalyl acetate (41.95%), sabinene (18.60%) and linalool (18.14%) whereas pulegone (41.86%) and menthone (28.33%) were most prevalent in the *Mentha* oil.

Mortality and fecundity were measured with 15 oils concentrations ranged from 0.01 to 8 µl/l of air. Tetranychid mortality increased with increasing concentrations with LC₅₀ value of 5.39 and 4.09 µl/l for *C. aurantium* and *M. pulegium*, respectively. However few mortality was observed in the case of *P. persimilis* with LC₅₀ value of 0.46 and 0.26 µl/l for *C. aurantium* and *M. pulegium* respectively. For both oils a reduction of fecundity was observed at 0.01 µl/l in the case of *T. urticae*. The essential oils described herein have potential interest as fumigants for the bio-control of *T. urticae*.

Key words: *Tetranychus urticae*, *Phytoseiulus persimilis*, essential oils, fumigation, toxicity, pest management.

RESUME

Deux huiles essentielles ont été testées par fumigation sur les œufs et les adultes de *Tetranychus urticae* Koch ainsi que sur *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot. L'effet de ces huiles sur les acariens dépend de l'espèce de plante, de la dose appliquée et aussi de l'espèce d'acarien. L'analyse chimique par GC-MS et GC-FID montre que les deux huiles varient selon leur composition chimique. Le linalyl acétate était le composé le plus abondant (41.95%) chez *Citrus aurantium* suivi par le sabinene (18.60%) et le linalool (18.14%) tandis que le pulegone était le composé le plus abondant chez l'huile essentielle de *Mentha pulegium* avec 41.86%, suivi par le menthone avec 28.33%. 15 concentrations des deux huiles (variant de 0.01 à 8 µl/l d'air) ont été appliquées pour tester la mortalité et la fécondité chez les acariens. L'analyse probit a montré que la mortalité de *T. urticae* a augmenté avec l'augmentation de la concentration avec LC₅₀ de 5.39 et 4.09 µl/l d'air pour *C. aurantium* et *M. pulegium* respectivement. Cependant peu de mortalité a été observée dans le cas de *P. persimilis* avec LC₅₀ de 0.46 et 0.26 µl/l d'air pour *C. aurantium* et *M. pulegium*. Une réduction de fécondité a été observée chez *T. urticae* suite au traitement par les deux huiles à une concentration de 0.01 µl/l. Ceci nous laisse envisager, la possibilité de l'utilisation de ces huiles essentielles par fumigation dans la lutte intégrée contre *T. urticae*.

Mots clés: *Tetranychus urticae*, *Phytoseiulus persimilis*, huiles essentielles, fumigation, toxicité, lutte intégrée

1. INTRODUCTION

The Two spotted spider mite is an important pest in many countries around the world. This ubiquitous mite can live in temperate and subtropical zones with temperatures ranging from 7.5 to 44°C (Migeon & Dorkeld, 2007). It is a phytophagous pest that can cause significant yield losses in many agricultural crops, including fruits, cotton, vegetables and ornamentals (Stumpf *et al.*, 2001; Van Leeuwen *et al.*, 2007). To date, 3877 host species have been reported either in outdoor crops or in greenhouse (Migeon & Dorkeld, 2007). From the larval stage to adult, mites feed preferentially on the lower surface of the

leaf (Johnson & Lyon, 1991). The plant could be affected by different ways: decrease in photosynthesis, injection of phytotoxic substances when feeding, accumulation of feces, webbing or defoliation which could affect the plant aspect (Johnson & Lyon, 1991). Yield losses can approach 15% on strawberry in USA, 14% on corn in France, 14 to 44% on cotton (Kreiter, 2011). Common methods to control this pest are cultural, chemicals and biological practices (Powell & Lindquist, 1997; Bethke *et al.*, 2004). Synthetic acaricides have been widely used for the control of *T. urticae* (Sundaram *et al.*, 1995, Van Leeuwen *et al.*, 2006). However, due to the excessive use of pesticides and the associated problems of resistance and environmental pollution, there is an increasing demand for sustainable, environmental-friendly control methods. So, biological control of spider mites has been tried successfully as an alternative method to chemical methods (Osborne *et al.*, 1985; Kropczynska *et al.*, 1999; Naher & Haque, 2007). which sometimes fail to keep the number of spider mites under economic threshold levels (Duso *et al.*, 2008). It is therefore crucial to find selective pesticides which can integrate the action of natural enemies and guarantee the safety of environment and mammals (Steiner *et al.*, 2011).

In this context, essential oils are realistic alternatives to synthetic acaricides because of their selectivity, biodegradability and few side effects on non-target organisms and the environment (Hay & Waterman, 1993; Isman, 2000, 2001; Chiasson *et al.*, 2001; Basta & Spooner-Haart, 2002; Rasikari *et al.*, 2005; Pontes *et al.*, 2007; Calvacanti *et al.*, 2010). Essential oils have been used to control pests as alternative insecticides in various parts of the world (Attia *et al.*, 2012; Attia *et al.*, 2013; Isman, 2000). Moreover, essential oils may delay the development of resistance (Attia, 2012). This is due to their several modes of action, including repellent and antifeedant activities, inhibition of molting and respiration, reduction in growth and fecundity, cuticle disruption, and effect on the invertebrate octopamine pathway (Saxena, 1989; Isman, 2000; Enan, 2001).

The aim of this work is to assess the potential acaricidal activities of *Mentha pulegium* and *Citrus aurantium* essential oils as fumigants against *T. urticae* and *P. persimilis*. This study is in line with previous work that showed the toxicity of several plant extracts on the two spotted spider mite (Attia *et al.*, 2011a, 2011b, 2011c; Attia, 2012; Attia *et al.*, 2013). EL-Khodary *et al.* (2007) highlighted the contact toxicity of these two essential oils. Other route of exposure such as fumigation is useful to test and better understand the acaricidal properties of *M. pulegium* and *C. aurantium*.

The study presented herein aimed to assess the acaricidal activity of *Citrus aurantium* and *Mentha pulegium* essential oils against the two spotted mite *Tetranychus urticae* and its predator *Phytoseilus persimilis*.

2. MATERIALS AND METHOD

2.1. Spider mites

For this experiment, we used a carmine spider mite *T. urticae* Koch. This population collected from infested plants in citrus orchards (Tunisia) has not come in contact with any chemicals for more than six years. The strain was reared on bean leaves placed on moistened cotton in Petri dishes (Overmeer, 1985) under controlled conditions (26°C, 50-60% RH, 16:8 (L:D)) in the laboratory of the biodiversity Research Centre, UCL, Louvain-la-Neuve (Belgium).

3.2. Predatory mites

Predatory mites *P. persimilis* were purchased from Koppert Biological Systems (Netherlands). They were transferred to a spider mite colony maintained on bean plants caged in the greenhouse. Only young adult females (24 h old) were chosen for the bioassay.

2.3. *M. pulegium* and *C. aurantium* essential oils

M. pulegium and *C. aurantium* used for this study were selected based on previously reported activity against *T. urticae* (Attia *et al.*, 2011c). They were collected locally in Tunisia (Hammamet, North of Tunisia) in June 2010, and were free of any pre-harvest chemical treatments (organic products). The essential oils were obtained from 10 kg of flowers by hydrodistillation for 3 hours using a Clevenger-type apparatus. The oil yield was 0.4 % and 0.1 % of the dry weight of *C. aurantium* and *M. pulegium* respectively (Attia *et al.*, 2011c).

2.4. Chemical analyses

Essential oils were analyzed by GC-MS in the Laboratory of Analytical Chemistry in Gembloux Agro-Biotech (University of Liège (Belgium)). For quantitative analyses (percentage determination), we used a Fast GC according to Heuskin *et al.*, 2009).

2.4.1. GC-MS analyses

GC-MS analyses of the essential oils were performed by using an Agilent GC 7975 coupled with an EI mass selective detector (Agilent, United states) and equipped with an HP5-MS capillary column (30m × 0.25mm I.D., 0.25µm film thickness). The oven temperature program was initiated at 40°C, held for 5 min at this temperature, then raised at a rate of 6°C/min to 120°C, held for 5 min, then raised in a second ramp at a rate of 8°C/min to 300°C. Helium was used as a carrier gas at a constant flow rate of 1 mL/min. An injection volume of 1µL was used, in splitless mode. The injection temperature was 250°C. MS detection was performed in electron impact (EI) mode at 70 eV, full-scan acquisition mode from 40-550 amu range. Volatile compounds were identified by comparing their mass spectra with those from the Wiley 275 L spectral library and with retention indices which were determined according to the retention times of a series of C9-C30 n-alkane standards (Sigma-Aldrich, 0.025µg/µL in n-hexane) and compared to literature values (Adams, 2001).

2.4.2. Fast GC Analyses

Fast GC analyses were conducted on a Thermo Ultra-Fast Trace GC gas chromatograph, operated with a split/splitless injector and a Thermo AS 3000 autosampler (Thermo Electron Corp.). The GC system was equipped with an ultra-fast module (UFM) incorporating a direct resistively heated column (Thermo Electron Corp.): UFC-5, 5% phenyl, 5 m × 0.1 mm I.D., 0.1 µm film thickness. The following chromatographic conditions were used to obtain suitable peak resolution. The temperature program was as follows: initial temperature at 40 °C, held for 0.1 min, ramp 1 at 30 °C min⁻¹ to 95 °C, ramp 2 at 35 °C min⁻¹ to 155 °C, ramp 3 at 200 °C min⁻¹ to 280 °C, held for 0.5 min. Injection temperature: 240 °C; injection volume: 1 µL; Carrier gas: He, at a constant flow rate of 0.5 mL min⁻¹; split ratio = 1:100. The flame ionization detector (300 Hz), was maintained at 250 °C. Data processing was performed using Chromcard software (version 2.3.3).

The composition of the essential oil of *M. pulegium* has been reported in another paper by the same authors (Attia *et al.*, 2011c).

2.5. Fumigant toxicity

2.5.1. Mortality

The fumigant tests of the two essential oils were determined in tightly closed glass containers of 1L (Kouninki *et al.*, 2007). The acaricidal effect of 15 concentrations of the two essential oils was investigated which correspond to 0.01, 0.02, 0.04, 0.05, 0.06, 0.08, 0.1, 0.5, 2, 3, 4, 5, 6, 7 and 8 µl/l of air respectively. A group of 25 young females aged 24 h was randomly selected and then transferred to fresh bean leaf discs (diameter 35 mm) placed with the adaxial side up on the moistened cotton in Petri dish (90x15 mm). Each Petri dish was brought into the glass recipient. The different doses of essential oils were introduced into the glass, outside the Petri dish in order to avoid contact with mites. Just after, the glass receptacle was closed above with a metal cover on which 5 holes were drilled to allow air exchange (Kouninki *et al.*, 2007). The number of dead individuals was counted daily up to 3 days.

Evaluation to determine mortality in each exposure time was made with a slight touch on the mite with a fine haired brush. If they did not move their appendages, they were considered as dead. For each concentration, after using Abbot's corrections, we calculated the mortality rate using this formula: mortality rate = (mean number of deaths with each concentration - mean number of deaths in the control) / total number of females at the beginning of the tests. The data obtained in this experiment were also submitted to a probit analysis (Finney & Stevens, 1948).

3.5.2. Fecundity

Only young adults (24h old) females were chosen for the bioassay. Here, one sub-lethal concentration (0.01 µl/l of air) was used to test the effect of these oils on *T. urticae* fecundity (25 females). Each individual was transferred to a bean leaf disc (diameter = 15 mm) to check for fecundity. The Petri dish was brought into test chamber, spiked with essential oil and glass closed. The number of eggs laid

by treated females was recorded for a period of 12 days, before being destroyed. The number of eggs was best fit to a sigmoidal curve (GraphPad Prism, Copeland, 2000), using the formula $Y = M * X^h / (K' + X^h)$, where Y represents the value of the cumulative number of eggs at age 'X', K' is equal to the inflexion point when h=1, M is the maximum number of eggs (plateau value) and h represents the slope. The fecundity of treated females was compared with a control.

2.6. Data analysis

Probit analysis was used to determine LD₅₀, LD₉₀ and DL₁₀₀ values, using the Statplus program version 2009 (AnalystSoft Inc). Tests were performed using One-way Analysis of Variance (ANOVA), Newman-Keuls tests were used to compare means using Graph Pad Prism version 5.01 for windows (Graph Pad Software, San Diego, California, USA, <http://www.graphPad.com>). All tests were applied under the two-tailed hypothesis, with the level of statistical significance (p) set at 0.05.

3. RESULTS

3.1. Component analysis of the essential oils

The chemical compositions of the essential oil of *C. aurantium* evaluated in this study are shown in Table 1. Experimental retention indices were compared with literature values (Adams, 2001) and EI mass spectra from each peak were compared with the spectral library. Using this approach, it was possible to identify 14 components from *C. aurantium* representing 99.32% of the total constituents. The two oils differed in their most abundant components. The most abundant components in the *Citrus* oil were linalyl acetate (41.95%), sabinene (18.60%) and linalool (18.14%) (Table 1); whereas pulegone (41.86%) and menthone (28.33%) were most prevalent in the *Mentha* oil sample (Attia *et al.*, 2011c).

Table 1. Major constituents in *C. aurantium* essential oil and their relative proportions in the pure oil. Components were identified by GC-MS and quantified by Fast GC-FID (Area %).

Components	Retention time (min)	Retention index (measured)	%
α-pinene	9.29	950	0.3
sabinene	10.19	972	18.6
myrcene	10.56	990	2.66
limonene	11.30	1029	1.95
β-ocimene	11.47	1038	5.21
terpinolene	12.40	1090	0.72
linalool	12.58	1097	18.14
terpineol	13.90	1182	1.13
α-terpineol	14.10	1195	3.57
pulegone	14.86	1246	0.77
linalyl acetate	15.03	1257	41.95
neryl acetate	16.54	1365	1.47
geranyl acetate	16.80	1384	2.56
E- caryophyllene	17.45	1434	0.73

3.2. Effect of essential oils on mortality

After 72 hours, few mortalities were observed in control group of *T. urticae* and *P. persimilis*. A few mortalities were observed at 0.01 μl/l of air of each essential oil, and acaricidal activity was enhanced with increasing concentrations of oils.

Spider mites: There was a significant difference between the 2 treatments with *M. pulegium* and *C. aurantium* essential oils ($F_{(15,64)} = 123.86$, $P < 0.001$; $F_{(15,64)} = 147.47$, $P < 0.001$; respectively, when comparing the different concentrations to control. Interestingly, *M. pulegium* provided better mite control (DL₅₀ and DL₉₀ values of 4.09 and 5.62 μl/l of air) than *C. aurantium* oil with 5.39 and 8.07 μl/l, respectively.

Predatory mites: There was a significant difference between the 2 treatments with *M. pulegium* and *C. aurantium* essential oils ($F_{(15,64)} = 37.31$, $P < 0.001$; $F_{(15,64)} = 4.61$, $P < 0.001$; respectively, when comparing the different concentrations to control. Interestingly, the two essential oils are more toxic against *T. urticae* than *P. persimilis* with (DL₅₀ and DL₉₀ values of 0.26 and 19.91 μl/l for *M. pulegium* and with 0.46 and 25.49 μl/l for *C. aurantium* essential oil respectively).

3.3. Effect of essential oils on Fecundity of *T. urticae*

M. pulegium and *C. aurantium* affected fecundity of *T. urticae* at a dose of 0.01µl/l (figure 1). Maximum values for the cumulative number of eggs were significantly reduced compared to the control (Table 2), while the other two parameters were not statistically different. Treatments with *C. aurantium* and *M. pulegium* essential oils reduced the number of eggs laid by females to 20 and 10 eggs respectively. Experimental data were fit to a sigmoidal curve by the method of least squares ordinary fit.

Table 2. Comparison between the cumulative numbers of eggs laid by the females treated with the two essentials at 0.01 µl/l and with the control solution. Parameters: Top = the plateau value indicating the maximum number of offspring, h = the hill slope.

95% Confidence Intervals	<i>C. aurantium</i> oil	<i>M. pulegium</i> oil	Control
Top	19.62 to 23.84	7.959 to 9.723	69.05 to 83.87
LogEC50	4.168 to 5.798	-2.764 to 6.223	5.461 to 6.604
h	0.1442 to 0.4490	0.03195 to 0.4464	0.1621 to 0.3571
EC50	14722 to 627585	0.001724 to 1.671e+006	289324 to 4.022e+006

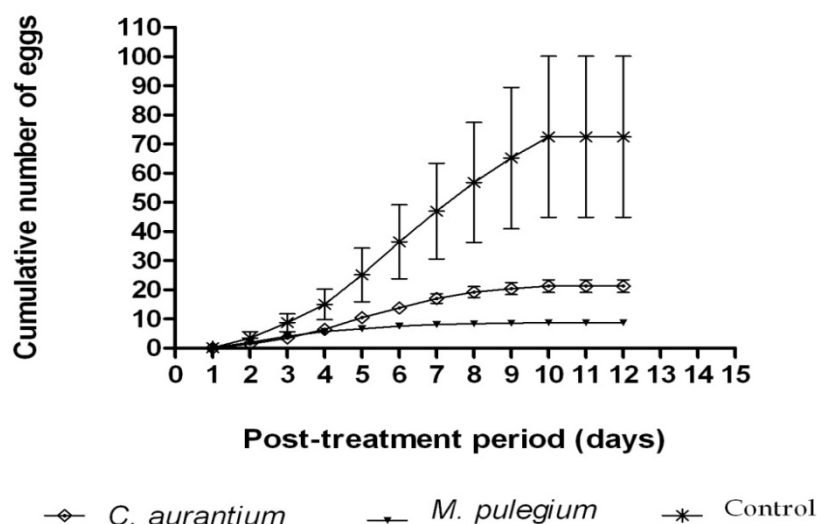


Figure 1. Cumulative number of eggs laid by the females treated with both 0, 01µl/l *M. pulegium* and *C. aurantium* essential oils

4. DISCUSSIONS

Our study showed that *M. pulegium* and *C. aurantium* exhibit a high mortality rate when applied as fumigants on *T. urticae* females with LC₅₀ at 4.09 µl/l and 5.39 µl/l, LC₉₀ at 5.67µl/l and 8.07µl/l and LC₁₀₀ at 5.93 µl/l and 8.56 µl/l respectively. However, these two oils provided a low mortality when applied as fumigants on *P. persimilis* with LC₅₀ at 0.26 µl/l and LC₉₀ of 19.96 µl/l with *M. pulegium* and with LC₅₀ at 0.46 µl/l and LC₉₀ of 25.49 µl/l with *C. aurantium*, respectively.

This is in agreement with the previous study undertaken by Choi *et al.* (2004) which demonstrated that several essential oils including *M. pulegium* and *C. aurantium* causes significant mortality as fumigants on the two-spotted spider mite at very low dose (19 µl/l of air). Our study showed that our essential oils were the most toxic to *T. urticae* at very low doses compared to the study of Choi *et al.* (2004) but as we know, our study is the first to study the effect of essential oils on the first to study the effect of essential oils on the predatory mite *P. persimilis*. In general, higher mortality was observed as the doses of essential oils and exposure time increased. Regarding their effects on fecundity at the tested concentration (0.01µl/l), both oils reduced the number of the eggs laid 20 and 10 for *C. aurantium* and *M. pulegium* oils respectively in comparison with control group (75 eggs). Recently, Araujo *et al.* (2010), studying acaricidal effects of three citrus species *Citrus sinensis*, *C. sinensis*, and

C. aurantium cultivated in North east Brazil underlined the fumigant toxicity of *C. aurantium* with a LC_{50} value of 1.63 μ l/l.

In Attia *et al.* (2011a), 31 plant extracts obtained from Tunisia and two synthetic acaricides (spirodiclofen and fenbutatin oxide) were assessed on *T. urticae* (Koch). Field experiments showed that the extracts of seven plant species (*Haplophyllum tuberculatum*, *Deverra scoparia*, *Mentha pulegium*, *Chrysanthemum coronarium*, *Hertia cheirifolia*, *Citrus aurantium* and *Santolina africana*) are effective and the population density of *T. urticae* was reduced at 0.30, 0.36, 0.37, 0.46, 0.48, 0.50, and 0.53 mites per leaf respectively for more than 21 days compared with the untreated control (3.7 mites per leaf). They also showed a comparable activity to classical synthetic acaricides (0.50 mites per leaf for Spirodiclofen ® and 0.53 mites per leaf for Fenbutatin oxide ®). The evaluation of the potential of biologically active plant volatiles against *T. urticae* might provide a new approach to the development of natural acaricides to be used both in biological and integrated pest management strategies for controlling two-spotted spider mites in Tunisian citrus orchards (Attia *et al.*, 2011a).

The same authors investigated the essential oil of *Deverra scoparia* for its acaricidal activity against *T. urticae* and they showed that female mortality increased with *D. scoparia* oil concentrations with LD_{50} and LD_{90} values of 1.79 mg/l and 3.2 mg/l respectively and a reduction in fecundity had already been observed for concentrations of 0.064, 0.08, 0.26 mg/l (Attia *et al.*, 2011b). Attia *et al.*, 2011a showed that *M. pulegium* with 91% of mortality were more toxic than *C. aurantium* (55%) against *T. urticae* when applied with contact. Similar findings are observed in our study looking lethal concentrations and effects on oviposition. This phenomenon should be explained by the difference in secondary metabolites found in each essential oil. We found that *M. pulegium* essential oils were mainly composed of pulegone (41.86%) followed by menthone (28.33%), limonene (9.02%) 3-octanol (6.93%) (Attia *et al.*, 2011c) while linalyl acetate (41.95%), linalool (18.14%) and sabinene (18.6%) were the most abundant constituents in *C. aurantium* essential oil. This is in accordance with several other authors (Boussaada & Chemli, 2007; Elhoussine *et al.*, 2010; Hosni *et al.*, 2010). Another important fact is that, the compounds similar in both oils were very different in percentage so that it could explain the difference in their toxic effects. However, Essential oil accumulation and compositions in aromatic plants depend upon various factors such as genetic structure, environmental factors and agronomic practices (Telci *et al.*, 2010; Isman & Machial, 2006).

These secondary metabolites the most probably act synergistically to obtain high toxic effect with multiple modes of action (fecundity and mortality). Individually, some volatiles found in *M. pulegium* and *C. aurantium* extracts are known to cause mortality on *T. urticae* at different rates (α -pinene, pulegone, sabinene) and the most toxic constituent, α -pinene, had no effect on fecundity suggesting that oviposition could be reduced by other constituents (Attia *et al.*, 2011b). In the other hand linalool, citral, 1,8-cineole, p-cymene linalyl acetate, thymol, 3-octanol, β -pinene, sabinene, pulegone, eugenol, carvacrol, citronellal, menthone, terpineol, geranyl acetate are known to act as secondary metabolites in some plant extracts against various pest (Ayvaz *et al.*, 2010; Calmasur *et al.*, 2006; Karabörklü *et al.*, 2010; Rim & Jee, 2006; Palacios *et al.*, 2009). The essential oils tested in this study include one or more of these substances which were reported to be poisonous to insect and mite pests.

Essential oils used in our experiment seem to have better results as fumigants than as spray. Indeed, severe lethal concentrations in our study are far below those causing high rate of mortality when applied topically by Attia (2012). It is therefore possible that like in microorganisms (Soylu *et al.*, 2006), the volatile phases of the essential oils could be more toxic than the contact phase to the two spotted spider mites. This is supported by the work of George *et al.* (2009); their papers reported that when exposed to the vapour phase of three oils (thyme, manuka and pennyroyal) in closed vessels, mortality of the poultry red mite *Dermanyssus gallinae* was always significantly greater than if the oil was presented in an open vessel. Other researchers have shown that *M. pulegium* essential oils present a very high mortality on *Ceratitis capitata* with over 90% of mortality achieved after 48 hours of exposure (Miguel *et al.*, 2010). Another study highlighted the insecticidal properties of Pennyroyal oil and the compounds pulegone, menthone, 1,8-cineole, and camphor against the pest *Drosophila melanogaster* and *Bactrocera oleae* (Diptera : Tephritidae) (Pavlidou *et al.*, 2004). In Ribeiro *et al.* (2010), the fumigant toxicity of peels essential oils of *C. aurantium* and *C. sinensis* cultivated in north east Brazil against *Bemisia tabaci* Biotype B with lethal concentrations of 380 ml/L and 580 ml/L of air respectively. Larvicidal activities of Greek plants of the Rutaceae family have been underlined by Michaelakis *et al.* (2009). In their study, essential oils of orange (*Citrus sinensis* L.), lemon (*Citrus*

limon L.), and bitter orange (*Citrus aurantium* L.) exhibited strong toxicity against mosquito larvae of *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae), with the LC50 values ranging from 30.1 (lemon) to 51.5 mg/l (orange) depending on citrus species and their composition.

In integrated mite management in greenhouses, the use of chemical pesticides (such as Abamectine®), and of biological control agents are essential components. These two methods are, unfortunately, incompatible due to toxicity of chemical acaricides to predatory mites (Lee, 1997). In many countries, some predatory mites (including *P. persimilis*) showed good efficacy in the control of *T. urticae*. In our study, we found that *C. aurantium* and *M. pulegium* essential oils induced a few mortality rate of *P. persimilis* at very low doses compared to *T. urticae*. Choi *et al.* (2004) showed that at $7.1 \times 10^{-3} \mu\text{l.ml}^{-1}$ essential oils of caraway seed, citronella java, lemon eucalyptus, pennyroyal, peppermint, sage and spearmint were highly toxic to the predatory mite *P. persimilis* (90% mortality). This suggests that *C. aurantium* and *M. pulegium* essential oils could be used in the integrated management against *T. urticae*.

Until now, because of their mode of action affecting several targets at the same time, generally, no particular resistance or adaptation to essential oils has been described (Van Leeuwen, 2010). These findings support the use of these oils against the two-spotted spider mite and other pest in greenhouses.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adams RP. (2001). Identification of essential oil components by gas chromatography/quadrupole mass spectroscopy. Allured Publishing Corporation. Carol Stream, 455 p.
- Araujo CP, Da Camara CAG, Neves *et al.* (2010). Acaricidal Activity against *Tetranychus urticae* and Chemical Composition of Peel Essential Oils of Three citrus Species Cultivated in Brazil: *Natural Product Communications*, 5, 471-476.
- Aslan I, Ozbek H, Calmasur O, Shahin F. (2004). Toxicity of essential oils vapours to two greenhouses pests, *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn: *Industrial crops and products*, 19, 167-173.
- Attia S, Grissa KL, Ghrabi GZ, Lognay G, Mailleux AC, Hance T. (2011a.) Assessment of the acaricidal activity of several plant extracts on the phytophagous mite *Tetranychus urticae* (Tetranychidae) in Tunisian citrus orchards: *Bulletin S.R.B.E/ K.B.V.E*, 147, 71-79.
- Attia S, Grissa KL, Lognay G, Heuskin S, Mailleux AC, Hance T. (2011b). Chemical composition and Acaricidal Properties of *Deverra Scoparia* Essential oil (Araliales: Apiaceae) and Blends of its major constituents Against *Tetranychus urticae* (Acari : Tetranychidae): *Journal of Economic Entomology*, 104, 1220-1228.
- Attia S, Grissa K L, Ghrabib ZG, Mailleux AC, Lognay G, and Hance T. (2011c). Acaricidal activity of 31 essential oils extracted from plants collected in Tunisia: *Journal of Essential Oil Research*, 24, 279-288.
- Attia S, Grissa KL, Mailleux AC, Lognay G, Heuskin S, Mayoufi S, Hance T, (2011d). Effective concentrations of garlic distillate (*Allium sativum*) for the control of *Tetranychus urticae* (Tetranychidae). *Journal of Applied Entomology*, 136, 302-312.
- Attia S. (2012). Effectiveness and chemical composition of plant based acaricides against the two spotted spider mite *Tetranychus urticae* Koch (Acari: Tetranychidae). Thèse pour l'obtention du grade de docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique. Université Catholique de Louvain, Belgique, 334 p.

- Attia S, Grissa KL, Lognay G, Bitume E, Hance T., Mailleux AC. (2013). A review of the major biological approaches to control the worldwide pest *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) with special reference to natural pesticides: *Journal of Pest Science*, 86, 361–386.
- Ayvaz A, Sagdic O, Ozturk I., Karabörklü S. (2010). Insecticidal activity of the essential oils from different plants against three stored-product insects: *Journal of Insect Science*, 10, 1-13.
- Basta A, Spooner-Hart RN. (2002). Efficacy of an extract of *Dorrigio pepper* against two-spotted mite and greenhouse thrips. In: Beattie GAC, Watson DM, Stevens ML, Raae DJ Spooner-Hart RN editor. *Spray oils beyond 2000*, 25-29 October 1999, Sydney, NSW, Australia, University of Western Sydney, Australia, pp. 471-476.
- Bethke J, Siapno O, Redak R. (2004). The latest miticides. Revision of the two spotted spider mite complex *Tetranychus telarius*: *Annals of the Entomological society of America*, 49, 43-48.
- Boyd DW, Alverson DR. (2000). Repellency effects of garlic extracts on two-spotted spider mite, *Tetranychus urticae* Koch: *Journal of Entomological Science*, 35, 86-90.
- Çalmaşur Ö, Aslan İ, Şahin F. (2006). Insecticidal and acaricidal effect of three Lamiaceae plant essential oils against *Tetranychus urticae* Koch and *Bemisia tabaci* Genn: *Industrial Crops and Products*, 23, 140-146.
- Cavalcanti SCH, Dos E, Niculau S, Blank AF, Câmara CAG, Araújo IN, Alves PB. (2010). Composition and acaricidal activity of *Lippia sidoides* essential oil against two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch): *Bioresources technology*, 101, 829-832.
- Chiasson H, Belanger A, Bostanian N, Vincent C, Poliquin A. (2001). Acaricidal properties of *Artemisia absinthum* and *Tanacetum vulgare* (Asteraceae) essential oils obtained by three methods of extraction. *Journal of economic entomology*, 94, 167-171.
- Choi WL, Lee SG, Park HM, Ahn YJ. (2004). Toxicity of Plant Essential Oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae): *Journal of Economic Entomology*, 97, 553-558.
- Duso C, Malagnini V, Pozzebon A, Castagnoli M, Liguori M, Simoni S. (2008). Comparative toxicity of botanical and reduced-risk insecticides to Mediterranean populations of *Tetranychus urticae* and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Tetranychidae, Phytoseiidae): *Biological Control*, 47, 16–21.
- El-Khodary AS, Samy MA, Keratum AY, EL-Fakharany SKM. (2007). Toxicity of some pesticides and oil plant extracts to plant sucking pests: *Journal of Pest Control and Environmental Scienc*, 15, 49-51.
- Enan E. (2001). Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. Comparative Biochemistry and Physiology: *Toxicology and Pharmacology*, 130, 325-337.
- Finney D J, Stevens W L. (1948). A Table for the Calculation of Working Probits and Weights in Probit Analysis. *Biometrika*, 35, 191-201.
- George DR, Smith TJ, Shiel RS, Sparagano OAE, Guy JH. (2009). Mode of action and variability in efficacy of plant essential oils showing toxicity against the poultry red mite, *Dermanyssus gallinae*: *Veterinary Parasitology*, 161, 276–282.
- Hay RKM, Watermen PG. (1993). Volatile oil crops. Wiley, Essex, United Kingdom.
- Isman MB. (2000). Plant essential oils for pest and disease management: *Crop Protection*, 19, 603–608.
- Isman MB. (2001). Pesticides based on plant essential oils for management of plant pests and diseases. In: International symposium on development of natural pesticides from forest resources, *Korea Forest Research Institute*, Seoul, Republic of Korea, pp. 1–9.
- Isman MB, Machial C. (2006). Pesticides based on plant essential oils: from traditional practice to commercialization. In: Rai and Carpinella editor. *Naturally Occuring Bioactive Compounds*, pp. 29-43.
- Johnson WT, Lyon HH. (1991). Insects That Feed on Trees and Shrubs. 2ndn, Comstock Publishing/ Cornell University Press, Ithaca, pp. 468-470.
- Kouninki H, Hance T, Noudjou FA, Lognay G, Malaisse F, Ngassoum M, Mapongmetsem B, Ngamo P M, Haubruge E. (2007). Toxicity of some terpenoids of essential oils of *Xylopia aethiopica* from Cameroon against *Sitophilus zeamais* Motschulsky: *Journal of Applied Entomology*, 131, 269-274.

- Karabörklü S, Ayyaz A, Yilmaz S, Akbulut M. (2011). Chemical Composition and Fumigant Toxicity of Some Essential Oils Against *Ephesia kuehniella*: *Journal of Economic Entomology*, 104, 1212-1219.
- Kropczynska A, Pilko A, Witul A, Asshleb Al-M. (1999). Control of two-spotted spider mite with *Amblyseius californicus* on cotton: *IOBC/WPRS Bulletin*, 22, 133-136.
- Kreiter S. (2011). Les principaux ravageurs phytophages des principales plantes cultivées tropicales. Cours en ligne Sup AGRO Montpellier.
- Lee S, Tsao R, Peterson C, Coats JR. (1997). Insecticidal Activity of Monoterpenoids to Western Corn Rootworm (Coleoptera: Chrysomelidae), Twospotted Spider Mite (Acari: Tetranychidae), and House Fly (Diptera: Muscidae): *Journal of Economic Entomology*, 90, 883-982.
- Migeon A, Dorkeld F, (2007). Spider mites web: a comprehensive database for the Tetranychidae. <http://www.montpellier.inra.fr/CBGP/spmweb>.
- Michaelakis A, Papachristos A, Kimbaris et al. (2009). Citrus essential oils and four enantiomeric pinenes against *Culex pipiens* (Diptera : Culicidae): *Parasitology Research*, 105, 769-773.
- Naher L, Haque M. (2007). Biological Control of *Tetranychus Urticae* (Acari: Tetranychidae) Using *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae): *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 3, 550-553.
- Osborne LS, Ehler LE, Nechols JR. (1985). Biological control of the twospotted spider mite in greenhouses: *Florida Agricultural Experiment Station Technical Bulletin*, 853, 1- 40.
- Overmeer WPJ. (1985). Alternative prey and other food resources. In : Helle B, Sabelis MW editors. Spider mites: Their Biology, Natural enemies and Control, World crop pests. *Elsevier*, Amsterdam. Pp. 1391-139.
- Palacios SM, Bertoni A, Rossi Y, Santander R, Urzúa A. (2009). Efficacy of Essential Oils from Edible Plants as Insecticides Against the House Fly, *Musca Domestica* L: *Molecules*, 14, 1938-1947.
- Pavlidou V, Karpouhtis L, Franzios G et al. (2004). Insecticidal and genotoxic effects of essential oils of Greek sage, *Salvia fruticosa* and mint, *Mentha pulegium* on *Drosophila melanogaster* and *Bactrocera olea* (Diptera: tephritidae): *Journal of Agricultural and Urban Entomology*, 21, 39-49.
- Philogène BJR, Regnault-Roger C, Vincent C. (2002). Produits phytosanitaires insecticides d'origine végétale: promesses d'hier et d'aujourd'hui. In : Philogène BJR, Regnault-Roger C, Vincent C editors. Biopesticides d'origine végétale, Paris, Lavoisier-Éditions, pp.1-17.
- Pontes JWT, Oliveira JCS, Camara CAG, Lopes ACHR, Gondim MGC, Oliveira JV, Schwartz MOE. (2007). Composition and acaricidal activity of the resin's essential oil of *Protium bahianum* Daly against two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*): *Journal of Essential Oil Research*, 19, 379-383.
- Powell CC, Lindquist RK. (1997). Spider mites (Acari: Tetranychidae). Ball Publishing, Batavia, IL, USA, pp. 228-233.
- Rasiraki HL, Leach DN, Waterman PG, Spooner-Hart RN, Basta A H, Banbury L K,. Forster PI. (2005). Acaricidal and cytotoxic activities of extracts from selected genera of Australian lamiaceae: *Journal of economic entomology*, 98, 1259-1266.
- Ribeiro AEL, Gondim MGC, Calderan E, Delalibera I. (2009). Host range of *Neozygites floridana* isolates (Zygomycetes: Entomophthorales) to spider mites: *Journal of Invertebrate Pathology*, 102, 196-202.
- Rim I, Jee C. (2006). Acaricidal effects of herb essential oils against *Dermatophagoides farinae* and *D. pteronyssinus* (Acari: Pyroglyphidae) and qualitative analysis of a herb *Mentha pulegium* (pennyroyal): *Korean Journal of Parasitology*, 44, 133-138.
- Saxena P. (1989). Role of Demographic Data in Monitoring Status of Women and Recent Fertility Transition. In : Population Planning, India, Publishing Corporation edition, Delhi, pp.116-119.
- Soylu EM, Soylu S, Kurt S. (2006). Antimicrobial activities of the essential oils of various plants against tomato late blight disease agent *Phytophthora infestans*: *Mycopathologia*, 161, 119-128.
- Steiner MY, Spohr L J, Goodwin S. (2011). Impact of two formulations of the acaricide Bifenazate on the spider mite predator *Phytoseiulus persimilis* Athias-Henriot (Acari: Phytoseiidae): *Australian Journal of Entomology*, 50, 99-105.
- Stumpf N, Zebitz CPW, Kraus W, Moores GD, Nauen R. (2001). Resistance to organophosphates and biochemical genotyping of acetylcholinesterases in *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae): *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 69, 131-142.

- Sundaram KMS, Campbell R, Sloane L, Studens J. (1995). Uptake, translocation, persistence and fate of Azadirachtin in aspen plants (*Populus tremuloides* Michx.) and its effect on pestiferous two-spotted spider mite (*Tetranychus urticae* Koch): *Crop protection*, 14, 415–421.
- Telci I, Demirtas I, Bayram E, Kacar Y. (2010). Environmental variation on aroma components of pulegone / piperitone rich spearmint (*Mentha spicata* L.): *Industrial Crops and Products*, 32, 588–592.
- Van Leeuwen T, Pottelberge SV, Tirry L. (2006). Biochemical analysis of a chlorfenapyr selected resistant strain of *Tetranychus urticae* Koch: *Pest Management Science*, 62, 425–433.
- Van Leeuwen T, Van Pottelberge S, Nauen R, Tirry L. (2007). Organophosphate insecticides and acaricides antagonise bifenthrin toxicity through esterase inhibition in *Tetranychus urticae*: *Pest Management Science*, 63, 1172–1177.
- Van Leeuwen T, Vontas J, Tsagarakou A. (2009). Mechanisms of acaricide resistance in the two spotted spider mite *Tetranychus urticae*. In: Ishaaya I, Horowitz AR Editors. *Biorational Control of Arthropod Pests*, Springer, The Netherlands, pp. 347–393.
- Van Leeuwen T, Vontas J, Tsagarakou A, Dermauw W, Tirry L. (2010). Acaricide resistance mechanisms in the Two-spotted spider mite *Tetranychus urticae* and other important Acari : *Insect Biochemistry and Molecular Biology*, 40, 563–572.

Premières observations sur le papillon du grenadier *Virachola livia* sur les brise-vents d'*Acacia* au sud tunisien

Rym Mkaouar, Ezzedine Saadaoui, Mohamed Lahbib Ben Jamaa
Laboratoire « Gestion et Valorisation des Ressources Forestières »
INRGREF, BP 10, 2080, Ariana, Tunisie
Email: mkaouar19@yahoo.fr, benjamaaml@gmail.com

RESUME

Le papillon du grenadier *Virachola livia* (Lepidoptera, Lecanidae) a été détecté en Tunisie en 2006 dans les grenadiers du Sud. Les dégâts occasionnés par cet insecte aux grenadiers sont trop importants et peuvent porter préjudice aux exportations tunisiennes de grenadiers. *V. livia* attaque en plus des grenadiers des *Acacias*. Vu la polyphagie de l'insecte et la possibilité de sa multiplication sur les brises vents d'*Acacia* sp., sa présence dans nos vergers constitue donc un danger pour les spéculations arboricoles notamment les grenadiers, le figuier, l'abricotier, le pêcher, etc.... Malgré son large aire de répartition et malgré l'importance de ces dégâts, les travaux consacrés à *V. livia* sont très rares à l'échelle internationale et nationale. Les travaux se sont limités à l'étude de sa bio-écologie en Egypte et la réalisation de quelques essais de lutte en Palestine et en Jordanie.

Des prospections entre mai et juillet 2012, dans le but de noter la présence de *V. livia* sur les gousses vertes des *Acacias* et des *Prosopis* et d'estimer le taux d'infestation. Les investigations ont été réalisées dans différentes localités : Gabès (Zerkine et Metwia), Mahdia (Souassi) et Kairouan (Chbika). Des bonnettes ont été installées sur des branches contenant des gousses vertes pour récupérer des adultes après leur émergence. Un total de 82 gousses a été collecté. Les gousses ont été observées et analysées au laboratoire pour chercher la présence de l'insecte (œufs, larves, pupes, adultes). Les résultats préliminaires montrent que :

- Les jeunes gousses d'*Acacia* et de *Prosopis* récoltées au milieu du mois de mai ne montrent aucune trace de présence de *V. livia*.
- A la fin du mois de Juin, des pupes ont été notées sur les gousses vertes d'*Acacia* uniquement dans la localité de Metwia. Dans les autres localités (Zerkine, Souassi, Chbika) l'insecte était absent.
- Les nymphes qui ont été placées dans des cages en plastique, ont donné 9 adultes de *V. livia*.
- Un seul œuf parasité a été trouvé.
- Le taux d'infestation à Metwia est estimé à 9% (sur les 82 gousses récoltées, il ya 9 gousses qui présentent des nymphes).

Mots clés : *Acacia*, infestation, *Virachola livia*, , Sud Tunisien, Infestation.

SUMMARY

The pomegranate butterfly *Virachola livia* (Lepidoptera, Lecanidae) was detected on 2006 in South Tunisia. The damage caused by this insect to pomegranate orchards are too large and can harm Tunisian pomegranate exports. Due to the polyphagous of the insect and the possibility of its proliferation on the windbreaks *Acacia* sp., Its presence in our orchards is dangerous to the pomegranate speculations including apricot, peach, etc. Despite its wide range and the importance of the damage, papers on *V. livia* are very rare at the international and national level.

Surveys were done between May and July 2013 in order to note the presence of *V. livia* on *Acacias* and *Prosopis* green pods and estimate the rate of infestation. The investigations were carried out in different locations: Gabes (Zerkine, Metwia and Hicha), Gafsa and Sidi bouzid. The Preliminary results show that:

- The young pods of *Acacia* and *Prosopis* harvested in the middle of May show no trace of the presence of *V. livia*.
- At the end of June, pupae were observed on *Acacia* green pods in both ; Metwia and Zerkine localities. In other places the insect was absent.
- The infestation rate in Metwia locality is the most important.

Key words: infestation, *Virachola livia*, , South Tunisia, Infestation.

1. INTRODUCTION

Le papillon du grenadier *Virachola livia* (Lepidoptera, Lecanidae) est le ravageur majeur des fruits des grenades en Egypte, Jordanie, Yemen, Arabie Saoudite, Oman, Palestine, Liban, Syrie, Iraq et l'ouest de l'Iran. Il a été détecté en Tunisie en 2006 dans les grenadiers du Sud (Ksentini et al., 2011). Les dégâts occasionnés par cet insecte aux grenadiers sont trop importants et peuvent porter préjudice aux exportations tunisiennes de grenadiers. En effet, *V. livia* qui est un ravageur de quarantaine a rapidement envahi comme une tâche d'huile le Sud et le Centre tunisien. En 2006, 5,2% de l'ensemble des grenades produites en Tunisie étaient infestées, de plus 52% des grenadiers produits dans la localité de Zerkine étaient pourris (Ksentini et al., 2011).

V. livia qui est une espèce polyphage, attaque en plus des grenadiers, des *Acacias* (Hanna, 1939). Vu la polyphagie de l'insecte et la possibilité de sa multiplication sur les brises vents d'*Acacia* sp., sa présence dans nos vergers constitue donc un danger pour les spéculations arboricoles notamment les grenadiers, le figuier, l'abricotier, le pêcher, etc....

Malgré son large aire de répartition et malgré l'importance de ces dégâts, les travaux consacrés à *V. livia* sont très rares à l'échelle internationale et nationale. Les travaux se sont limités à l'étude de sa bio-écologie en Egypte et la réalisation de quelques essais de lutte en Palestine et en Jordanie (Awadallah, 1966 ; Awadallah et al., 1971). En Tunisie, les recherches sur ce ravageur sont aussi très rares. Après sa détection en 2006 (Ksentini et al., 2011) l'évaluation des performances biologiques de *V. livia* sur les fruits de grenade (*Punica granatum*) et les gousses vertes d'*Acaciafarnesiana* a été réalisée (Gharbi, 2010).

Le genre *Acacia* est l'un des genres les plus utiles pour l'économie car il joue un rôle important dans la pédologie, l'agriculture, la reforestation et l'élevage. Au Sud tunisien, plusieurs espèces d'*Acacias*, notamment l'*Acaciafarnesiana*, ont été plantées depuis les années 60 comme brise-vent autour des périmètres irrigués des grenadiers.

Cependant encore beaucoup de questions demeurent posées, tant sur la migration du ravageur *V. livia* de l'*acacia* vers le grenadier, tant sur la biologie et la compréhension de l'implication des *Acacias* dans les pullulations du ravageur et la diminution considérable de la production des grenadiers.

Le présent travail vise à déterminer les arbres hôtes légumineuses de *V. livia* en Tunisie et à établir son aire de répartition.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Sites d'étude

Les investigations ont eu lieu entre mai et août 2013, au sud tunisien dans les brise-vent à base d'*Acacias* et *Prosopis*, régions de Gabes, Sidi Bouzid et Gafsa (Fig. 1).

Un nombre total de 22 arbres de différentes espèces appartenant à 5 sites ont été choisis au hasard, sans connaissance préalable de leur statut d'infestation (Fig. 1, Tab. 1).



Figure 1. Répartition géographique des sites prospectés ((1) Gabes (Metwia, Zerkine, Hicha) ; (2) Sidi Bouzid ; (3) Gafsa).

Tableau 1. Répartition des espèces d'*Acacia* et de *Prosopis* par site d'étude.

Région	Sites/espèces	<i>A. farnesiana</i>	<i>Prosopis</i> sp	<i>A. horrida</i>	<i>A. tortilis</i>	<i>A. eubermia</i>	<i>A. cyanophylla</i>	<i>A. perconsonia</i>	<i>A. regulata</i>	<i>A. salicina</i>	<i>A. amphyseps</i>
Gabès	Zerkine	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
	Metwia	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Hicha	+	-	-	-	-	+	-	-	+	+
Gafsa		-	+	+	+	+	-	-	-	-	-
Sidi Bouzid		-	+	-	-	-	+	+	+	-	-

- absence de l'espèce ; + présence de l'espèce

De plus, nous avons caractérisé les sites par la présence ou non du grenadier sur le périmètre entourant les brise-vent (Tab. 2).

Tableau 2. Caractérisation des sites prospectés en fonction de la présence du grenadier.

Catégorie	Signification	Sites
A	Présence de grenadier	Zerkine, Metwia, Gafsa
B	Absence de grenadier	Sidi Bouzid, Hicha

2.2. Protocol expérimental

À chaque date d'échantillonnage, au moins 20 gousses de chaque localité ont été choisies au hasard. Les zones autour des gousses et des feuilles ont été soigneusement visualisées à l'œil nu pour un inventaire succinct de la faune du lépidoptère.

Un diagnostic complémentaire a été réalisé au niveau de deux brise-vent situés à Zerkine et Metwia dans l'objectif de clarifier leur composition spécifique (*Acacia* ou *Prosopis*) et d'estimer leur taux d'infestation.

Au laboratoire, les gousses collectées sont placées dans des cages plastiques par localité et date d'échantillonnage. Les cages sont maintenues dans les mêmes conditions jusqu'à l'émergence de l'adulte. Chaque jour, chaque gousse est observée sous loupe binoculaire, pour l'identification des différents stades du lépidoptère (œuf, larve, adulte).

Les spécimens collectés sont conservés dans des tubes eppendorfs étiquetés (date et lieu) avec de l'alcool 70°.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Le tableau 3 montre que les adultes de *V. livia* n'ont été obtenus que de la région de Gabès (Zerkine et Metwia) et sur uniquement l'*A. farnesiana*. Donc absence totale de l'espèce à Sidi Bouzid et Gafsa et de toutes les autres espèces d'*Acacias* et du *Prosopis*. Il semble donc que l'*A. farnesiana* est l'espèce favorite de *V. livia*.

Tableau 3. Nombre d'adultes de *V. livia* collectés des espèces de brise-vent par site.
Nombre d'adultes de *V. livia* par espèce de brise-vent.

Sites	<i>A. farnesiana</i>	<i>Prosopis</i> sp.	<i>A. horrida</i>	<i>A. tortilis</i>	<i>A. eubermia</i>	<i>A. cyanophylla</i>	<i>A. perconsonia</i>	<i>A. regulata</i>	<i>A. salicina</i>	<i>A. amphyseps</i>
Zerkine	44	0	-	-	-	-	-	-	-	-
Metwia	7	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gafsa	-	-	0	0	0	-	-	-	-	-
Sidi Bouzid	-	0	-	-	-	0	0	0	-	-
Hicha	0	-	-	-	-	0	-	-	0	0

L'*A. farnesiana* est clairement l'hôte secondaire principale de *V. livia*, en fait l'association ou non du grenadier avec l'acacia constitue le moyen de subsistance de l'insecte d'où le nombre de spécimens considérable dans les localités Metwia et Zerkine contre son absence à Hicha (Tab. 4).

Seulement la présence des Acacias dans le périmètre des grenadiers comme c'est le cas à Gafsa ou le brise vent principal est l'*A. horrida* ne coïncide pas avec la biologie du ravageur aucune présence de l'insecte n'a été détectée dans nos prospections ; en fait, le débourement de l'*A. Horrida* se fait vers fin juin. Durant nos prospections, le débouement de l'*A. farnesiana* est plus précoce (à partir de mi-mai), que celui de l'*A. horrida* (à partir de fin juin). L'émergence des adultes des gousses de l'*A. farnesiana* commence vers mi-juin, qui coïncide avec la réceptivité du grenadier.

A Metwia le brise-vent est long de 1km et composé exclusivement d'*A. farnesiana* soit environ 15 arbres. A Zerkine, par contre, le brise-vent qui est long de 92m, est composé majoritairement de *Prosopis*, sur un total de 14 pieds il ya seulement 2 pieds d'*A. farnesiana*. A Metwia, le taux d'infestation est de 9,3% contre 2% à Zerkine, pas de signe particulier d'attaque dans les autres sites.

Ces résultats ne sont pas conformes à ceux décelés en 2006 par Gharbi (2010), les dégâts varient d'une faible attaque (de 5 à 10% à Zerkine – Gabes) à moyenne (40 à 50% dans les oasis de Metouia et Wedhref) jusqu'à la destruction totale de la production (périmètre de Sidi Sayeh – Hichria- Sidi Bouzid Ouest) (Gharbi, 2010).

Malgré la rareté de l'*A. farnesiana*, Ksentini et al (2011) ont signalé que 52% des grenadiers produits dans la localité de Zerkine étaient pourris en 2006.

Tableau 4. Catégorie des sites infestés par *V. livia*

Sites	Catégorie	Nombre de spécimens
Metwia	A	44
Zerkine	A	7
Hicha	B	0
Gafsa	A	0
Sidi Bouzid	B	0

D'après Gharbi (2010), les gousses vertes de l'*A. farnesiana* sont plus favorables au développement de *V. livia* que les fruits des grenades. En effet, les performances biologiques (éclosion des œufs, accomplissement du développement des imagos, longévité des femelles) de l'insecte sont plus rapides sur les acacias ; cette plante hôte constitue une meilleure nourriture pour le ravageur. D'après Hanna (1939), l'hôte primaire de *V. livia* est l'*Acacia nilotica*, alors que l'attribution du nom 'Pomegranate butterfly' est probablement choisi à cause de l'importance économique du grenadier bien que cette plante est un hôte secondaire. Nos résultats corroborent ceux trouvés en Egypte où se sont plutôt les gousses de l'*A. farnesiana* qui sont fortement attaquées par *V. livia* (Awadallah et al., 1971). Nos résultats, toutefois, ne sont pas conformes à ceux trouvés au Sénégal, où le ravageur principal des gousses vertes d'*A. raddiana* est une espèce de *Virachola* sp. dont la chenille pourvue de poils urticants consomme la gousse verte et grains tendres (Delobel et al., 2003).

4. CONCLUSION

En 2013, Metwia est la zone la plus attaquée par le ravageur ; 44 spécimens ont été détectés à différentes dates. L'*Acacia farnesiana* est considéré l'hôte secondaire par excellence de *V. livia*. Le ravageur est absent dans les localités Sidi bouzid et Gafsa.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Awadallah A., (1966). The biology and control of the pomegranate fruit butterfly *Virachola livia* klug. Thèse de doctorat, Caïre, Egypte.
- Awadallah A. M., Azab, A. K., El Nahal A. K. M., (1971). Studies on the pomegranate butterfly, *Virachola livia* Klug (Lepidoptera-Rhopalocera: Lycaenidae). *Bulletin de la Societe Entomologique d'Egypte*; 54: 545-567
- Delobel, A., Tran, M. & Danthu, P., (2003) : Insectes consommateurs des graines d'*Acacia raddiana* en Afrique de l'Ouest : les bruches : 285-297. – In : Grouzis, M. & Le Floch'h, E. (Ed.), Un arbre au désert *Acacia raddiana*. IRD Editions : 313p.

- Hanna A.D., (1939). The Pomegranate Fruit Butterfly *Virachola livia* Klug.: Morphology, Life-Cycle and Control. Ministry of Agriculture, Egypt: 54p.
- Ksentini I., Jardak T. and Zeghal N., (2011). First report on *Virachola livia* Klug. (Lepidoptera : Lycaenidae) and its effects on different pomegranate varieties in Tunisia. EPPO Bulletin 41 : 178-182.
- Gharbi N., (2010). Laboratory rearing of the pomegranate fruit butterfly *Virachola livia* on two host plant in Tunisia. Tunisian Journal of Plant Protection. Vol. 5, N°2 : 195-199.

Etude du régime alimentaire des populations mâle de criquet pèlerin dans un milieu anthropisé et sa relation avec les changements biométriques des individus

Kara-Toumi Fatma Zohra¹, Tail G.², O. Merah³

^{1,2}Université de Blida, Faculté des Sciences Agrovétérinaires et Biologiques, Département de Biologie, Algérie

³Département des Sciences biologique, lobo junior 32, IUT Paul Sabatier, 24, rue d'Embaquès, 32000 Auch, France

Corresponding author: ¹Email: fkara63@yahoo.fr

RESUME

Les insectes en générale et les locustes en particulier prélèvent les plantes nécessaires à leurs besoins physiologiques instinctivement. Ils augmentent ou diminuent leurs prises de nourriture pour maintenir leurs poids constant en fonction de leurs réserves. Parfois certains insectes phytophages peuvent se contenter dans leurs régimes d'une seule espèce ou famille botanique. L'étude du régime alimentaire des populations mâles du criquet pèlerin provenant de la région d'Adrar, située dans le Sahara centrale Algérien, suite à l'analyse de leurs fèces révèle un totale de 19 espèces végétales consommées par rapport à 25 espèces présentes sur terrain soit un taux de 76 %, appartenant à 11 familles botaniques représentées essentiellement par la famille des *poaceae*, *asteraceae* et les *chenopodiaceae*. L'analyse de corrélation des taux de consommations des plantes issues de saison sèche et celles de saison humide montre que les taux de consommations des différentes plantes prélevées sont totalement différents entre les deux saisons, dans leur nombre, leurs variétés ainsi que leurs taux de consommations. En effet le plus grand nombre de plantes consommées est noté durant les périodes sèches avec 9 plantes graminéennes consommées contre trois plantes en saison humide. De même en période sèche nous notons une diversité d'espèce graminéennes cultivées et spontanées, dont les graminées cultivées présente un taux de consommation oscillant entre 25 et 80 % contre des graminées spontanées dont le taux de consommation est très faible variant 0,5 jusqu'à 8%. En saison humide trois plantes graminéennes sont consommées dont deux de type cultivées avec un taux de 80 % en moyen contre une plante spontanée. L'analyse de la variance effectuée sur les taux de consommation de poacées en fonction des deux saisons (sèche et humide) et des indices biométriques Elytre (E), Fémur postérieur (F), Largeur de la capsule céphaliques (C) et des rapports morphométriques E/F et F/C, sans tenir compte de la densité de population, montre une différence hautement significative entre les variables et les paramètres étudiées (ANOVA, $p < 0,01$ %). De même l'analyse de ce même indices trophique en fonction des mêmes facteurs d'une part et en fonction des densités de populations des individus mâles comme covariables d'autre part, ne révèle pas une différence significative. Ceci traduit que les taux de consommations des poacées n'influent pas sur les indices biométriques des populations mâles en forte densité de population.

Mots clés : *Schistocerca gregaria*, régime alimentaire, indices morphométriques, Agriculture saharienne

1. INTRODUCTION

Le criquet pèlerin est parmi les sauterelles qui causent le plus de dégâts à l'homme en s'attaquant aux parcelles cultivées et aux pâturages. Il est reconnu comme un ravageur transfrontal suscitant des inquiétudes et une attention particulières. C'est une espèce très redoutable du fait de son aptitude à devenir grégaire et à former des essaims qui peuvent parcourir plusieurs milliers de kilomètres. Le passage de l'état solitaire à l'état grégaire est induit par les facteurs dynamiques de leur environnement qui entraîne un accroissement de la densité de population (Uvarov, 1966). Ceci provoque un bouleversement dans leurs comportements, leurs physiologies et leurs morphologies. A ce moment, le milieu prend une nouvelle signification pour cet acridien.

Le développement de l'agriculture saharienne depuis 1990 par l'aménagement des périmètres irrigués en cultures sous serres et céréalières sous pivots, a créé un cadre favorable à la pullulation des individus solitaires des sauterelles à savoir: *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria* (Allal-Benfekih, 2006). En effet, Ould El hadj (2002) a établie la relation entre le développement agricole au Sahara algérien et la présence permanente de cette espèce d'une part et sa fréquente pullulation d'autre par.

Kara (1996 et 2010) a observée un dimorphisme saisonnier de taille à Adrar chez les mâles des populations du criquet pèlerin, issus de deux saisons différentes, l'une sèche et l'autre humide. Il

ressort que l'extension et l'intensification de l'agriculture au Sahara central, a permis au criquet pèlerin de trouver des foyers permanents, permettant sa croissance et sa prolifération avec des modifications phasaires non négligeables.

Malgré sa polyphagie à large spectre, le criquet pèlerin manifeste cependant des préférences alimentaires vis-à-vis de certaines plantes, mais aussi un refus total à d'autres (Ould El Hadj, 1999; Ould Ahmadou, 2000 ; Simpson, 2001). Ce constat est dû au fait qu'ils sont moins mobiles et que le milieu présente un tapis floral pauvre.

Peu de recherches consacrées à l'évolution temporelle du régime alimentaire des individus solitaires *S. gregaria* ont été entreprises

Les objectifs du présent travail, visent à suivre l'évolution saisonnière du régime alimentaire des populations mâles et femelles de *S. gregaria* dans la région d'Adrar située au Sahara central

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

2.1.1. La région d'Adrar

La région d'Adrar est située à 1 500 kilomètres de la capitale, elle couvre une superficie de 425.971Km² (Dubost, 2002), son altitude est de 258m (Dubief, 1950) ses coordonnées sont de 0°14' à 0°37'E ; 27°42' à 28°16'N. Elle est limitée au Nord par les Wilayas de Timimoune et Béchar, au Sud par Ain-Salah, Reggane et Tamanrasset, à l'Est par In Amenas et à l'Ouest par la Wilaya de Tindouf (Figure 1). Caractérisée par un climat aride où la période sèche s'étale sur toute l'année. Durant notre période d'étude, le maximum des températures est observé à partir du mois de Juin avec 42,88°C, Juillet avec 46°C, Août avec 45,08°C et Septembre avec 40,6°C aux moyennes. Une pluviométrie insignifiante (12,18mm au mois de décembre) se sont des pluies estivales, une humidité relativement faible de l'ordre 40,23% et 0,90%, enregistré au mois de Novembre et Décembre le minimum est atteint au mois de Juin avec 13,25%. La région d'Adrar est classée dans l'étage bioclimatique Saharien à hiver frais selon Climagramme d'Emberger.

La plupart des sols de la région en particulier les ergs sont sablonneux ou sablo limoneux pauvres en matière organique. Ces sols se forment sous l'influence du vent, ce sont des sols éoliens (Durand, 1988). Le pH est neutre ou alcalin au niveau des lits d'oueds. La texture du sol est limono-argileuse ou alluvionnaire, formée par la sédimentation d'argile et du calcium. Certains sols à regs sont caractérisés par une croûte gypso saline, (Duranton et Le Coq, 1990). Depuis une quinzaine d'années, une nouvelle agriculture prend place au Sahara, elle porte sur la céréaliculture dont la récolte est estimée à 20 tonnes pour 50 hectares (Kaddour, 2000). Les cultures maraîchères, céréalières et fourragères occupent 94% des sols utilisés particulièrement dans les zones de Touat, Gourara et la région de Reggane. Les plantes spontanées qui prédominent sont essentiellement les *Poaceae*, *Fabaceae*, et *Asteraceae* (Quezel, 1963).

2.1.1.1. Présentation des sites d'étude

La station de Baamor

Notre échantillonnage a été réalisé dans la station de Baamar. C'est une coopérative agricole située à 45 kilomètres au sud ouest de la ville d'Adrar (27°30'N, 0°17'O) Il y pratiqué du maraîchage et de la céréaliculture sous pivots (Figure 2) (INRA, 1989).

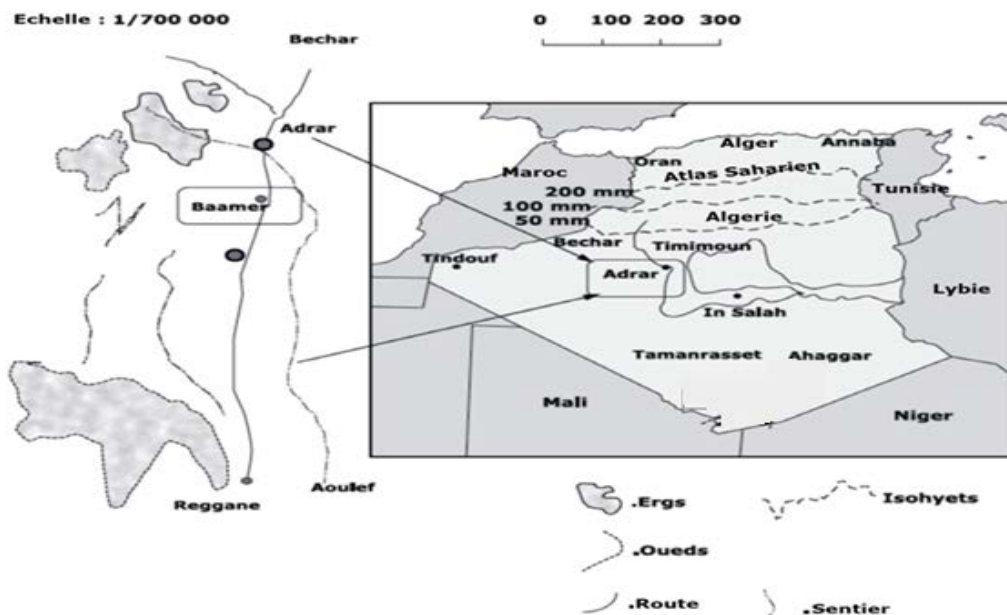


Figure 1. Situation géographique de la région et la station d'étude (Carte établie par Dubost, 1991)



Figure 2. Céréaliculture sous pivot dans la région d'Adrar (Sahara central algérien)

2.2. Echantillonnage et mesure réalisés

Technique d'échantillonnage et estimation des densités de populations :

Les prélèvements des individus sont effectués sur une aire de 500m² environ où les conditions floristiques sont aussi homogènes que possible. Les individus sont capturés au filet fauchoir ou à la main en fonction des conditions climatiques.

Les densités de population ont été évaluées par la méthode de comptage à vue généralement utilisée pour les acridiens ravageurs (Gillon, 1973; Launois, 1974). Sur chaque station prospectée des carrés de 5 mètres de côté (25 m²) ont été parcourus, le nombre moyen d'individus de chaque stade est estimé par un comptage sur dix carrés différents. En cas de très faible densité de population, le nombre de carrés à échantillonner est augmenté. Nous avons noté l'état phénologique du criquet pèlerin (stade larvaire et stade imaginal).

Technique d'évaluations des indices biométriques.

L'évolution du polymorphisme phasaire est estimée à partir des mensurations morphométriques relevées sur les individus échantillonnés durant la période d'étude. Les mesures ont portées sur la longueur de L'Elytre (E), la longueur du fémur postérieur (F) et la largeur de la capsule céphalique (C), ainsi que les rapports E/F et F/C (Dirsh, 1953 ; Duranton et Lecoq 1990; Breuer et al., 2003) (Figure 3).

Les mensurations ont été effectuées sur un total 392imagos, répartis en 196 mâles et 196 femelles. L'analyse de ces paramètres a été réalisée sur sept années, réparties en saisons sèches et saisons humides.

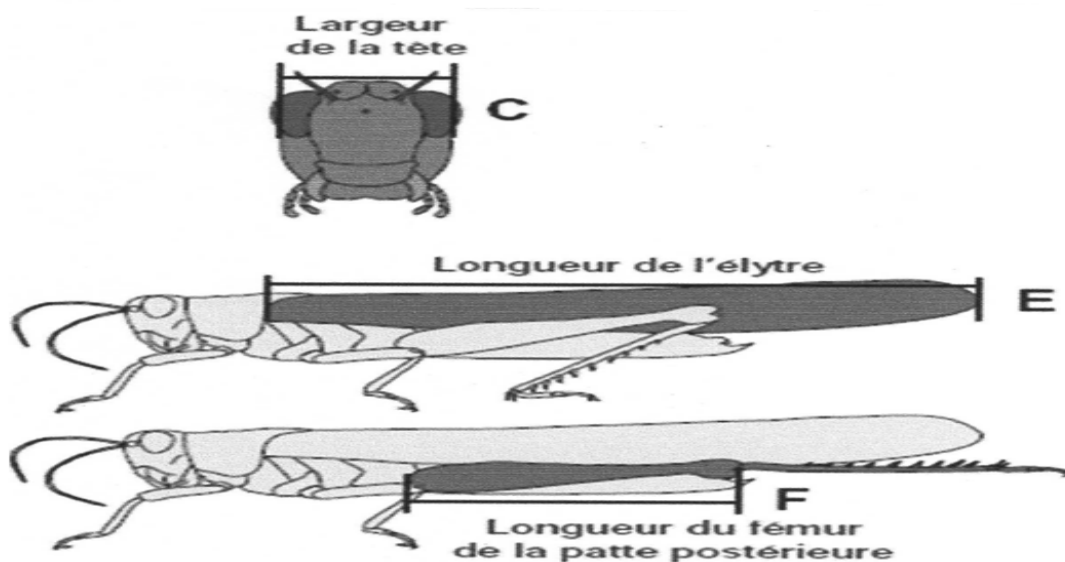


Figure 3. Schéma des mesures morphométriques standard utilisées dans les analyses biométriques (Dirsh, 1953)

Technique de prélèvement des plantes et estimation du recouvrement végétal :

Une aire d'échantillonnage de 500m² a été délimitée. Dans cette aire, un dénombrement et un prélèvement de plantes présentes dans chaque carré de 0,25 m² pris 10 fois aléatoirement ont été effectués à Baamor de 1993 à 2004.

- Montage et quantification des épidermes végétaux :

Une épidermothèque de référence a été établie pour chaque plante inventoriée et identifiée selon la technique de Butet (1985) et présentée dans la figure 4.

- Montage et quantification des fèces

Un montage des fèces a été effectué selon la technique utilisée dans le montage des épidermes de références. Une comparaison entre les épidermes des végétaux et ceux des fèces a été effectuée pour l'identification des différentes plantes consommées par les populations de criquet pèlerin (Figure 4).

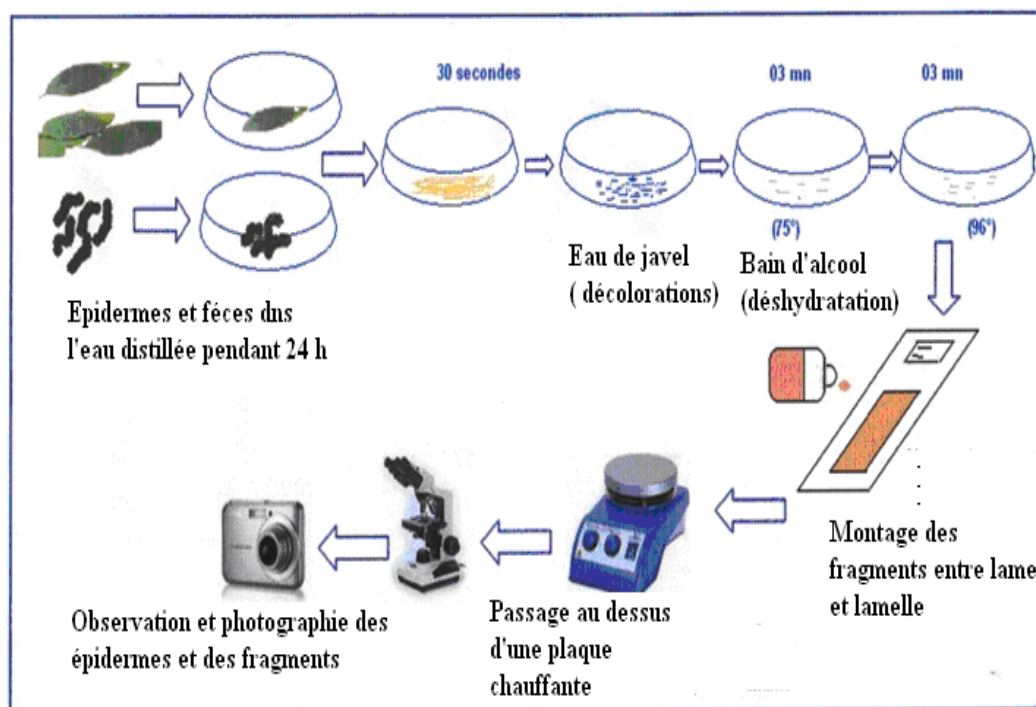


Figure 4. Traitement et analyses des épidermes de références et des fèces

3. RESULTATS

3.1. Etude des variations spatio-temporelles des populations mâles et femelles de *S.gregaria* à Baamor et de 1993 2004

3.1.1. Evaluation des variations densitaires des populations du criquet pèlerin

Le tableau 1 décrit les densités des populations de *S. gregaria* en fonction du sexe et des saisons. Il apparaît clairement une différence entre les densités du criquet selon les saisons. Les densités de population les plus grandes sont enregistrés durant les saisons printanière, allant de 150 à 500 individus à l'hectare, sauf pour le mois d'Avril 2004 où un maximum de 10.000 individus / hectare a été atteint.

Tableau 1. Densités moyennes par hectare des populations mâles et femelles à Adrar de 1993 à 2004

Périodes	Station	
	Baamer (Adrar)	
	Mâles	Femelles
Juin 1993	350	400
Avril 1994	500	500
Janvier 1995	200	200
Février 1996	150	200
Janvier 1997	100	100
Juin 1998	250	500
Avril 2004	10000	10000

3.2. Etude du régime alimentaire des populations mâles *S. gregaria* à Bammor de 1993 à 2004

Identification et variation temporelle du régime alimentaire des populations mâles à Baamor de 1993 à 2004

L'étude du régime alimentaire des populations mâles du criquet pèlerin suite à l'analyse de leurs fèces révèle un totale de 18 espèces végétales consommées par rapport à 25 espèces présentes sur terrain

soit un taux de 72 %. Ces espèces appartiennent à 11 familles botaniques représentées essentiellement par la famille des poacees qui domine avec un nombre de 8 espèces cultivées et spontanées à savoir *Hordeum vulgare*, *Triticum vulgare*, *Pennisetum americanum*, *Cynodum dactylum*, *Sorgho rubens*, *Bromus rubens*, *Lolium multiflorum* et *Arundo plini* suivie par quatre espèces appartenant à la famille des Asteraceae et qui sont *Sonchus oleraceus*, *centauria microcarpa*, *cardum cellus eriocephalus* et *senecio mosaricus*. Concernant les Chenopodiaceae les espèces recensées dans les fèces sont : *Chenopodium album* *Bassia maricata*, *Beta vulgaris* et *Salsola vermiculata*. Deux espèces appartenant à la famille des Polygonaceae identifiées et qui sont *Polygonum aviculare* et *polygonum album*. Deux brassiceae représentées par *Morettia canescens* et *Schouwia purpura* et deux solanaceae à savoir *Salsola vermiculata*, *Lycopersicum esculentum*. Cependant une espèce à été retrouvée appartenant aux familles botaniques suivantes : Les Compositae et les Alliaceae (Tableau 2).

Tableau 2. Principales plantes spontanées et cultivées présentes à Bammor et celles consommées par les populations mâles de 1993 à 2004

Familles Botaniques	Espèces végétales	Plantes présentes	Plantes consommées
Poaceae	<i>Hordum vulgare</i>	+	+
	<i>Triticum vulgare</i>	+	+
	<i>Pennisetum americanum</i>	+	+
	<i>Cynodum dactylum</i>	+	+
	<i>Sorghum rubens</i>	-	+
	<i>Lolium multiflorum</i>	+	+
	<i>Bromus rubens</i>	+	+
	<i>Arundo plinnii</i>	+	+
Asteraceae	<i>Sonchus oleraceus</i>	+	+
	<i>Centaurea microcarpa</i>	-	+
	<i>Carduncellus eriocephalus</i>	+	-
	<i>Senecio mossaicus</i>	+	-
Chenopodiaceae	<i>Chenopodium album</i>	+	+
	<i>Bassia muricata</i>	+	-
	<i>Beta vulgaris</i>	-	+
	<i>Salsola vermiculata</i>	+	-
Polygonaceae	<i>Polygonum avicular</i>	+	+
	<i>Polygonum album</i>	+	+
Brassiceae	<i>Morettia canescens</i>	+	-
	<i>Schouwia purpura</i>	+	-
Compositeae	<i>Lactuca sativa</i>	+	+
Alliaceae	<i>Allium cepa</i>	+	+
Ombellifera	<i>Furginia latifolia</i>	+	-
Asecaceae	<i>Phoenix dactylifera</i>	+	+
Solanaceae	<i>Salsola vermiculata</i>	+	+
	<i>Lycopersicum esculentum</i>	+	-
Cucurbitaceae	<i>Cucummis melon</i>	+	-
	<i>Citrullus vulgaris</i>	+	-
Total		28	18

Corrélations entre les taux de consommations des plantes recensées en fonction des saisons sèches et saisons humides à Baamor de 1993 à 2004

Afin d'évaluer le préférendum alimentaire sur terrain des individus mâles nous avons soumis le spectre alimentaire durant ces périodes à une analyse de corrélation des taux de consommation des plantes des saisons sèches et celles de saisons humides. D'après le tableau 3, il ressort que peu de valeurs ont un risque associé inférieur à 0,01. Les taux de consommations des différentes plantes consommées sont totalement différents entre les saisons sèche et les saisons humides durant notre période d'étude. Exceptions faites entre les polygonacées et les poacées qui sont corrélées ($p = 0,028$) et entre les polygonacées et les asteracées ($p = 0,007$).

Tableau 3. Corrélation des taux de consommations des plantes consommées

Taux de consommations	Tc poa	TC chenop	TC allia	TC aste	TC poly
Tc poac	0	0,69	0,67	0,16	0,028
TC cheno	-0,18	0	1,40E-07	0,58	0,704
TC allia	-0,20	1,00	0	0,56	0,721
Tc ast	-0,60	-0,26	-0,27	0	0,01
TC poly	-0,81	-0,18	-0,17	0,89	0

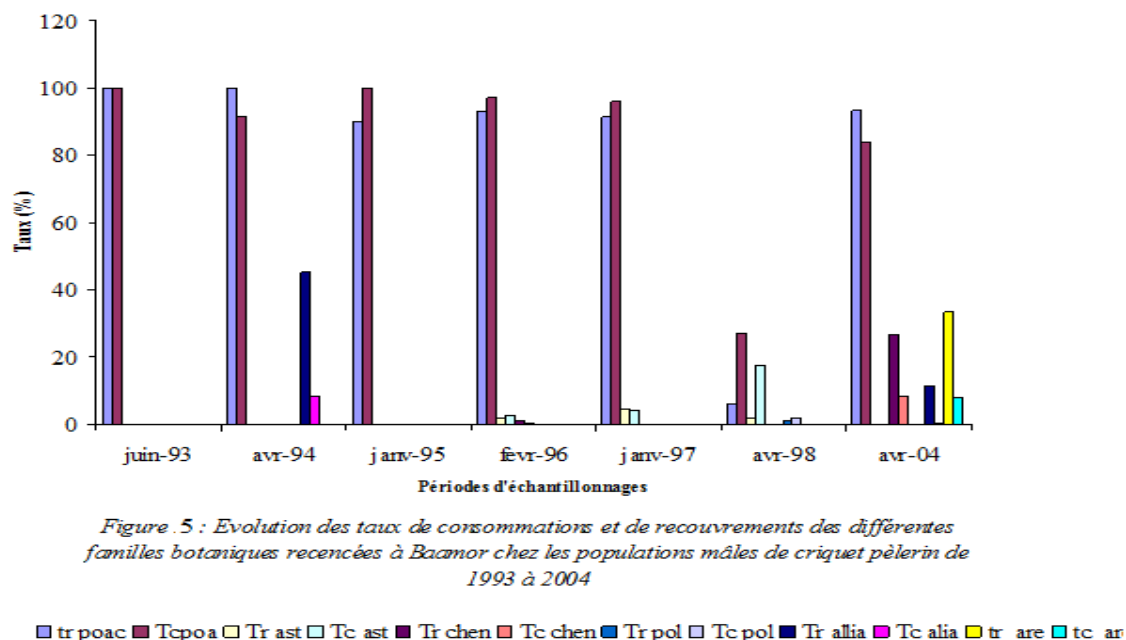
Poac : Poaceae , cheno : Chenopodiaceae , allia : Alliaceae , ast : Asteraceae, poly : Polygonaceae,

Evolution temporelle des surfaces consommées par les populations mâles de *S. gregaria* en fonction du taux de recouvrement des espèces végétales recensées à Baamor

D'après le tableau 4 et la figure 5, nous remarquons une dominance des espèces graminéennes tant dans le recouvrement global que dans les taux de consommations. Les recouvrements globaux et les taux de consommations oscillent respectivement entre 80% et 100 %. Concernant les Astreracées , Chenopodiacées , les Polygonacées et les Alliacees, leurs taux de recouvrement n'excède pas 40% avec un taux de consommation variant entre 0 et 20% . D'après les graphes, les graminées ont des taux de consommations proportionnelles aux taux de recouvrement et uniforme durant la période d'échantillonnage sauf pour le mois d'avril 1998 où le taux de consommation est de 7,97% (Figure 6).

Tableau 4. Evolution temporelle des taux de recouvrements et des taux de consommations des différentes familles botaniques recensées chez les populations mâles de *S. gregaria* à Baamor de 1993 à 2004.

Années	Tr poa	Tc poa	Tr ast	Tc ast	Tr chen	Tc chen	Tr pol	Tc pol	Tr alia	Tc alia
juin-1993	100	100	0	0	0	0	0	0	0	0
avr-1994	100	91,57	0	0	0	0	0	0	45	8,48
janv-1995	90	100	0	0	0	0	0	0	0	0
fevr-1996	92,95	97	1,94	2,75	1,23	0,45	0	0	0	0
janv-1997	91,63	95,9	4,36	4,1	0	0	0	0	0	0
avr-1998	6,03	27,02	1,82	17,3	0	0	1,09	1,81	0	0
avr-2004	93,3	83,53	0	0	26,7	8,42	0	0	11,3	0,43



Identification des différentes Poacées recensées sur terrain et dans les fèces des individus mâles de criquet pèlerin ainsi que leurs taux de recouvrement et consommations de 1993 à 2004

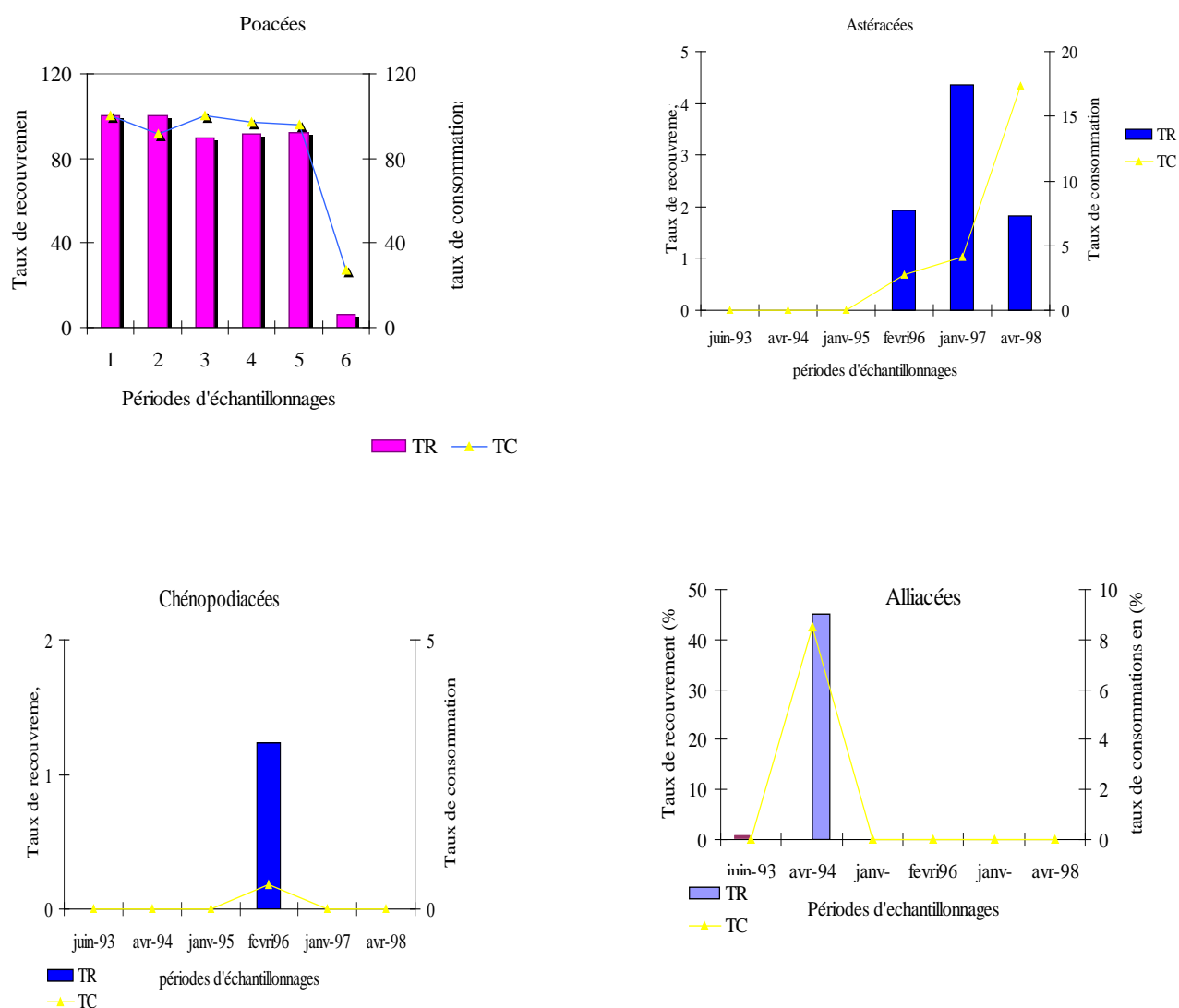


Figure 6. Evolution des taux de consommations des Poacées, Astéracées, Chénopodiacées et Alliées des populations mâles de *S. gregaria* en fonction des taux de recouvrement dans la station de Baamor de 1993 à 2004

La figure 7 montrent les principales espèces graminéennes consommées par rapport à leurs taux de recouvrement sur terrain durant notre période d'échantillonnage, qui diffèrent d'une année à une autre. Ces espèces sont représentées essentiellement par les graminées cultivées à savoir : *Hordum vulgare*, *Triticum vulgare*, *Triticum durum*, *Arundo plinii* avec un total de surface consommées de 119,66 mm², 280,75 mm², 178,01 mm² et 1282,11 mm² respectivement. Suivie par les graminées spontanées représentées par *Pennisetum americanum*, *Cynodum dactylum*, *Sorghum rubens*, *Bromus rubens* et *lolium multiflorum*.

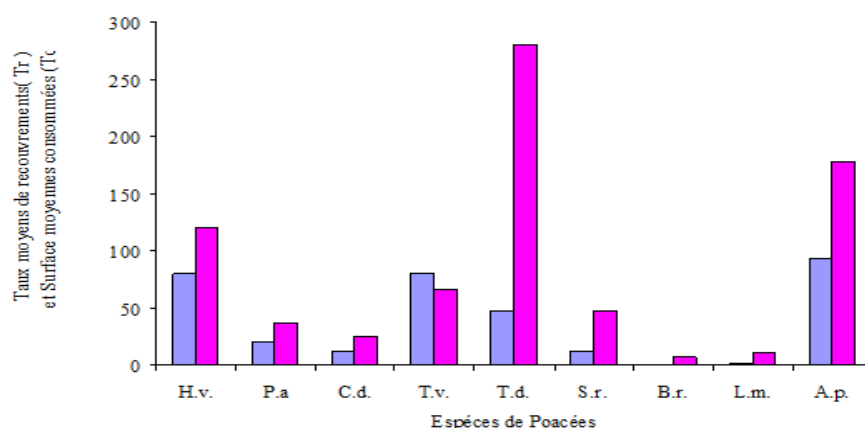


Figure 7 : Evaluation des surfaces consommées des Poacées par les populations mâles de *S. gregaria* par rapport à leur taux de recouvrements à Baamor de 1993 à 2004

■ Tr ■ SC

Identification des principales plantes graminéennes consommées en période sèche et humide

Le Tableau 5 et la figure 8 montrent que les plantes consommées par les populations du criquet pèlerin en saison sèche sont différentes de celles consommées en saison humide, dans leur nombre, leurs variétés ainsi que leurs taux de consommations. En effet le plus grand nombre de plantes consommées est noté durant la période sèche avec 8 plantes graminéennes consommées contre quatre plantes en saison humide. De même en période sèche nous notons une diversité d'espèces graminéennes cultivées et spontanées, avec un pourcentage de 50% par rapport au total des plantes inventoriées durant les périodes d'échantillonnages. Les graminées cultivées présentent un total de surface consommées supérieure à 100 mm² et les graminées spontanées leurs surfaces ingérées sont très faible ne dépassant pas 30 mm². En saison humide quatre plantes graminéennes sont consommées dont deux de type cultivé avec des valeurs comprises entre 80 et 200 mm² contre deux plantes spontanées dont les surfaces consommées ne dépassent pas 30 mm².

Tableau 5. Identification des principales poacées consommées par les populations de criquet pèlerin en saisons sèches et saisons humides à Baamor de 1993 à 2004.

Plantes consommées	Surfaces consommées (mm ²) saison sèche (SS)	Surfaces consommées (mm ²) saison humide (SH)
<i>Hordeum vulgare</i> (Vu)	119,66	0
<i>Pennisetum mericanum</i> (P, a)	10,1	27,3
<i>Cynodum dactylum</i> (C, d)	8,23	17,26
<i>Triticum durum</i> (T, d)	115,25	165,5
<i>Sorghum rubens</i> (S, r)	29,27	0
<i>Bromus rubens</i> (S,r)	7,17	0
<i>Lolium multiflorum</i> (L, m)	10,76	0
<i>Arundo plinii</i> (A, p)	178,01	0
<i>Triticum vulgare</i> (Cv)	0	67,18

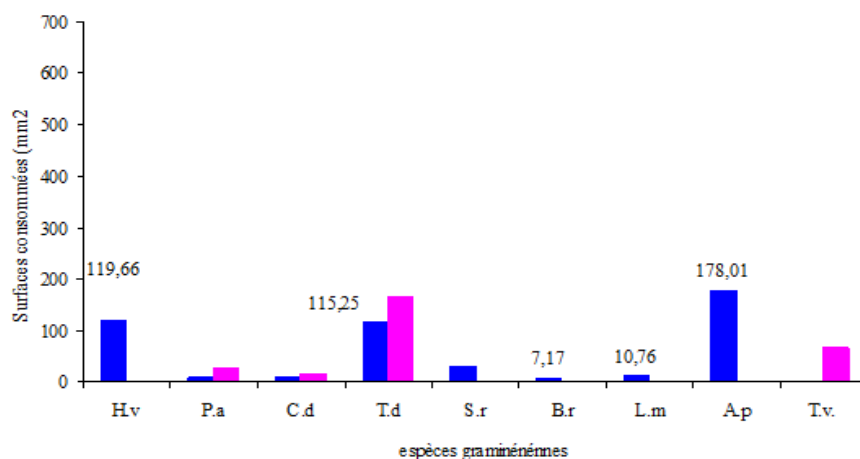


Figure 8 : Comparaison des surfaces consommées des différentes poacées en saison sèche et saison humide par les populations mâles de *S. gregaria* à Baamor de 1993 à 2004

■ S.s ■ S.h

S.s : Saison Sèche ; S.h : Saison humide

D'après le tableau 5, une analyse en Composantes Principales a été effectuée avec PAST vers 1.95 (Hammer *et al.* 2001), qui révèle que 84 % de la variance sont exprimés uniquement sur l'axe 1 contre 15 % sur l'axe 2 (Figure 9). Sur l'axe 1, les surfaces consommées présentent un pourcentage d'inertie négatif de $SC = -0,73\%$ pour les deux saisons sèche et humide, le taux de recouvrement présente une inertie négative de $-0,68\%$. L'axe 1 est représenté par les plantes consommées *Bromus rubens* de période sèche avec des contributions plus fortes de 54,71%. A l'opposé, les contributions les plus faibles sont celles de *H. vulgare* en saison humide avec des contributions de $-69,70\%$. L'axe 2 est représenté par la graminée *Arundo plinii* de saison sèche avec des contributions de 62,56%. La plus faible contribution est assurée par *Cynodum dactylum* en saison sèche avec 63,30%.

La classification hiérarchique (Figure 10) a permis d'identifier trois groupes de plantes consommées en saisons sèche et saison humide à Baamor par les populations mâles de criquet pèlerin, dont le groupe G1, est statistiquement homogène. Ce dernier rassemble les poacées cultivées représentée par les plantes *T. durum* de saison humide, *H. vulgare* et *T. vulgare* issu de saisons sèches et humides et *Arundo plinii* récoltée en saison sèche. Le groupe G2 statiquement variable englobant les graminées spontanées et cultivées à savoir *C. dactylum* et *T. durum*, les deux espèces proviennent de saison sèche, à des taux de recouvrement faibles par rapport au premier groupe. Le groupe G3 renferme des graminées spontanées représentée par *C. dactylum*, *L. multiflorum*, *Bromus rubens*, *Sorghum rubens* et *Pennisetum mericanum* provenant de saisons sèches et saisons humides (Figure 10).

Cette analyse des surfaces consommées de plantes graminéennes en fonction des saisons révèle des différences importantes dans le régime des individus mâles soulignant ainsi une différence marquée dans le régime des mâles. En effet, en période humide le régime des mâles est uniquement composé de graminées cultivées, Cependant en saison sèche le régime alimentaire et plus large est composé de graminées cultivées et spontanées.

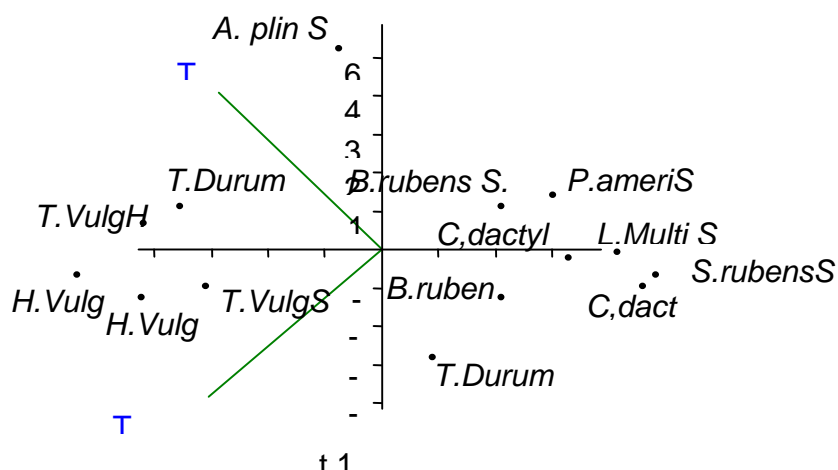


Figure 9. Analyse en composantes principales des différentes Poacées consommées par les populations mâles de *S. gregaria* à Baamor

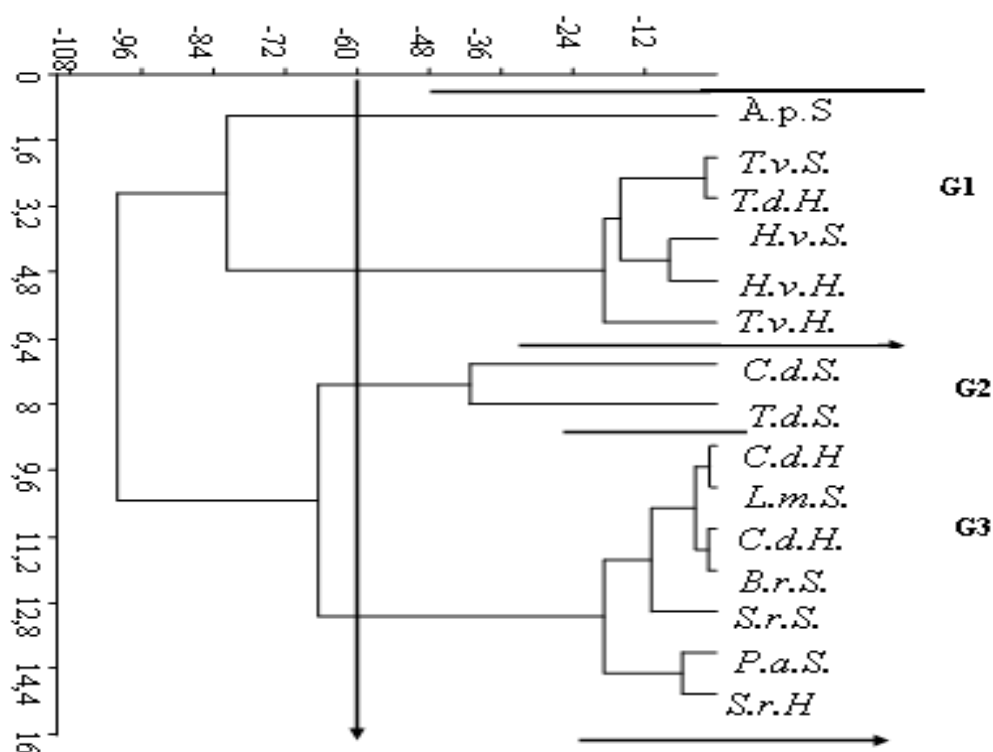


Figure 10. Classification Hiérarchique des principales graminées consommées par les populations mâles en saisons sèches et saisons humides

Impact des densités de population et des indices morphométriques des individus mâles de criquet pèlerin à Baamor de 1993 à 2004 en fonction du spectre alimentaire.

Tableau 6. Fluctuations temporelles des paramètres trophiques (mm), biométriques (cm), les densités (individus /Ha) de populations mâles de criquet pèlerin à Baamor

SAISON	SC (mm ²)	E (cm)	F (cm)	C (cm)	F/C	Densité (Ind/Ha)
S.S	26,9	51,57	24,7	6,54	3,79	350
S.S	91,67	51,62	24,72	6,71	3,69	500
S.H	94,48	54,96	25,78	6,73	3,83	200
S.H	289,01	53,75	25,18	7,07	3,59	150
S.H	190,65	53,99	25,78	6,9	3,74	100
S.S	170,68	50,6	25,52	6,71	3,82	250
S.S	1781,44	51,11	21,83	7,71	2,83	10000

S. S : Saison sèche ; SH : Saison humide

A partir du tableau 6, une analyse de corrélation a été effectuée sur les paramètres trophiques des populations mâles de criquet pèlerin représentés par les surfaces consommées (SC) et les paramètres biométriques à savoir : La longueur de l'élytre (E), du Fémur (F) , la largeur de la capsule céphaliques (C) et le rapport E/F et F/C ainsi que le facteur densité de population . De cette analyse découle, que la longueur de l'élytre (E), du Fémur (F) et des rapports F/C des populations mâles de criquet pèlerin sont corrélées négativement avec les surfaces consommées des graminées en saison sèches et saisons humides, mais positivement avec la largeur de la capsule céphaliques (C) et le rapport F/C) Sans tenir compte des densités de populations. Les corrélations entre les densités de populations des individus et les paramètres cités plus haut sont différentes. Les surfaces consommées sont influencées positivement par les capsules

céphaliques et les rapports F/C ainsi que les densités de populations. La longueur des élytres et des fémurs ainsi que les rapports E/F sont négativement corrélés avec les surfaces consommées (Tableau 7).

Tableau 7. Corrélations de Pearson entre les surfaces graminéennes consommées et les indices et rapports morphométriques des populations mâles de criquet pèlerin, Sans et avec densités de populations

	Surfaces graminéennes consommées			
	Sans densité de populations		Avec densité de populations	
	r Pearson	Prob.	r Pearson	Prob.
Elytre (E)	-0,32737	0,47353	-0,32737	0,47353
Fémur (F)	-0,91954	0,0033757	-0,91954	0,0033757
Capsule (C)	0,94972	0,0010596	0,94972	0,0010596
F/C	-0,98349	0,00006	-0,9834	0,00006
E/F	0,86302	0,012372	0,86302	0,012372
Densité	-	-	0,98699	0,00004

Tableau 8. Analyse de la variance des surfaces consommées, des paramètres biométriques et densitaires des populations mâles de criquet pèlerin à Baamor en fonction des saisons

Facteurs		Saisons				
Variables		Somme des carrés	d.d.l.	Carrés moyens	F-ratio	P
S.C	E	13,759	1	13,759	38,443	0,003**
	F	7,33	1	7,33	37,280	0,004**
	C	0,058	1	0,058	7,226	0,05
	F/C	0,0035	1	0,0035	0,054	0,935
	E/F	0,005	1	0,005	1,370	0,370
	Densité	6,85	1	6,85	243,15	0,000***

L'analyse de la variance des facteurs trophiques, biométriques et densitaires des populations mâles à Baamor (Tableau 8), montre que la variable élytre E, Fémur (F) et densité de populations présentent des différences significatives ($P < 0.0001$). Cependant le paramètre capsule céphalique ainsi que les rapports morphométriques ne présentent pas de différence. Ceci révèle que la taille des élytres et des fémurs ainsi que le régime alimentaire des populations mâles sont différents entre les saisons sèches et les saisons humides à Baamor.

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Identification et variations temporelles du régime alimentaire des populations mâles à Baamor de 1993 à 2004.

Le spectre alimentaire chez les populations mâles présente une grande diversité, avec une pré dominance de la famille des poacées représentée essentiellement par des graminées cultivées et quelques graminées spontanées. Ce régime alimentaire confirme sa polyphagie à tendance graminivore. Les insectes en générale et les locustes en particulier prélèvent les plantes nécessaires à leurs besoins physiologiques instinctivement. Ils augmentent ou diminuent leurs prises de nourriture pour maintenir leurs poids constant en fonction de leurs réserves (Simpson et Raubenheimer, 2000). Parfois certains insectes phytophages peuvent se contenter s dans leurs régimes d'une seule espèce ou famille botanique. Elle peut présenter 60 % du régime polyphage préférentiel, tant que cette quantité consommée peut maintenir l'espèce en vit et assurer son développement et sa reproduction (Le Gall, 1989). Abdel Rahman (1999) in Woldewahid (2003) observe que le criquet pèlerin au niveau de la côte soudanaise de la mer rouge préfère s'alimenter sur *Heliotropium* sp, plutôt que sur le millet. Leurs pullulations sont liées à l'abondance du tapis végétal riche en cette espèce. Ceci montre qu'au Soudan cette espèce graminée, peut être un indicateur important des habitats du pèlerin. De même, il constate que l'*Heliotropium* et le millet sont les deux plantes les mieux appréciées par la sauterelle pèlerine (Woldewahid, 2003).

L'absence de corrélation entre les différentes espèces végétales consommées en saison sèche et saison humide par les populations mâles, durant les différentes périodes d'échantillonnages, est due à leurs régimes et comportements alimentaires qui subissent des changements cycliques en fonction des composantes du tapis végétal, et à ses adaptations morphologiques, physiologiques et écologiques (Dajoz, 1985; Duranton et al., 1982; Simpson et al., 2001). Ghaout et al. (1990) et Bernays (1991) mettent en évidence aussi sa mobilité: les individus solitaires sont moins mobiles que les individus grégaires.

Evolution temporelle des surfaces consommées par les populations mâles de S. gregaria en fonction du taux de recouvrement des espèces végétales recensés à Baamor

Malgré sa polyphagie (Simpson et al., 2001), les imagos solitaires vivent avec peu d'espèces dans leur milieu. La dominance du régime graminéen dans le spectre trophique du criquet pèlerin est due essentiellement à la structure du tapis végétale composant la région de Bamoor, dont les plus grandes superficies sont cultivées en céréales (Kara, 1999; Cherief, 1998; Ould El Hadji, 2004). Cette composition floristique influence le comportement alimentaire des populations mâles en limitant leur choix (Gendouz-Benrima, 2005). La graminée, de part sa composition biochimique à savoir sa teneur

en eau, son taux de protéines et les hydrates de carbones, conditionne la prise de nourriture (Raubenheimer et Simpson, 1993; Simpson et Raubenheimer, 2000).

(Pearson, 1989) démontre également que les critères sensoriels interviennent dans l'orientation de l'insecte, jusqu'à la préhension, l'acceptation et enfin l'ingestion. Les espèces acridiennes graminivores présentent peu de chimiorécepteurs sur les pièces péri buccales que les forbivores. Cependant le nombre de sensille sur les antennes est plus important chez les graminivores (Chapman et Thomas, 1978).

Fluctuations saisonnières des principales plantes graminéennes consommées par les populations mâles à Baamor durant les deux saisons d'études.

La présence d'un grand nombre de graminées consommées en saison sèche par rapport à la saison humide est due au fait que les périodes de pluies correspondent à la quiescence et aux éclosions des œufs et les saisons sèches coïncident avec les mues imaginaires des populations de *Schistocerca gregaria* (Gillon 1983; Gendouz-Benrima, 2005). La station de Baamor en saison humide présente un tapis végétal composé essentiellement de graminées cultivées en post levées.

Impact des densités de populations et des rapports morphométriques des individus mâles de criquet pèlerin à Baamor de 1993 à 2004 en fonction du spectre alimentaire

Les populations mâles de *S. gregaria* de part leur potentiel biotique adapté à la survie aux conditions rares ou aléatoires d'une part, et l'arrivée des conditions naturelles favorables à leur multiplication d'autre part entraînent des explosions démographiques cycliques. La densité de population induite par ces changements entraîne des modifications observées sur plusieurs paramètres à savoir: la coloration, la morphométrie, l'anatomie, la masse ovigère, le choix alimentaire, la physiologie, la reproduction, la neurophysiologie, la physiologie endocrinienne, la biologie moléculaire, l'immuno-réactions, la longévité et la production de phéromone (Pener, 1991; Pener et Yerushalmi, 1998; Simpson et al., 1999; Tanaka, 2001; Tanaka et Maeno, 2006; Ferenz et Seidelmann, 2003; Kang et al., 2004; Hassanali et al., 2005; De Loof et al., 2006 et Simpson et Epée, 2007).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Allal-Benfekih L. (2006). Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thèse. Doct. Sciences agronomiques, INA, Alger, 140 p
- Bernays E.A., (1991). Vermiform larva of *Schistocerca gregaria* (Forsk.)—form and activity (*Insecta, Orthoptera*). *Z. Morphol. Tiere* 70, 183.
- Breuer M., Hoste B., et De Loof A., (2003). The endocrine control of phase transition: some new aspects. *Phys. Ento.* 28, 310.
- Butet A., (1985). Méthode d'étude de régime alimentaire du rongeur polyphage (*Apodemus sylvaticus* L. 1758) par analyse des féces. - *Mammalia*, 494 (4) : 455-483.
- Chapman R.R., and J. G. Thomas. (1978). The numbers and distribution of sensilla on the mouthparts of *Acridoidea*. *Acrida* 7:115–148.
- Cherief A. (1998). Etude bioécologique du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* Forskal, 1775 (Orthoptera, Acrididae) dans la région d'Adrar. Etude de la morphométrie, du régime alimentaire sur terrain et du photo-préférendum alimentaire au laboratoire. Thèse Magister, INA, El Harrach, Algérie : 131p.
- Dajoz R., (1985). Précis d'écologie. Ed. Dunod, Paris, 500 p.
- De Loof A., Claeys I., Simonet G., Verleyen P., Vandersmissen T., Sas F., et Huybrechts J., (2006). Molecular markers of phase transition in Locust. *Insect. Sci.* 13: 3-12 p
- Dirsh V.M., (1953). Studies on phases of the desert locust *Schistocerca gregaria* (Forsk.). *Anti-Locust Bulletin* 16:1–34.
- Dubief J., (1950). Evaporation et coefficient climatiques au Sahara. *Trav. Inst.Rech. SC.*, Paris T.6. : 344p
- Dubost D., (1991). Ecologie aménagement et développement agricole des oasis algériennes. Thèse Doctorat Univ. géo. et amen. Univ. François Rabelais, Tours, 290p

- Dubost D., (2002). Écologie, aménagement et développement agricole des oasis algériennes : éditions du CRSTRA 1. Centre de recherches scientifiques et techniques des régions arides, Front de l'Oued. Biskra Algérie. 423 p
- Durand J.H., (1988). Arrêter le désert . Ed Presses Univ. France, Paris 416p.
- Duranton J.F. et Lecoq M., (1990). Le criquet pèlerin au Sahel. Coll.: Acridologie opérationnelle, 6, 183 pp.
- Duranton J. F., Launois M., Launois-Luong M.H. et Lecoq M., (1982) : Manuel de prospection acridienne en zone tropicale sèche (2 vols). Groupement d'Étude et des Recherches pour le Développement de l'Agronomie Tropicale (G.E.R.D.A.T.), Paris 1496 pp.
- Fernandes E.K.K., Keyser C.A., Chong J.P., Rangel D.E.N., Miller M.P. and Roberts D.W., (2010). Characterization of *Metarhizium* species and varieties based on molecular analysis, heat tolerance and cold activity. *Journal of Applied Microbiology* 108:115–128
- Ferenz H. J., Seidelmann K., (2003). Pheromones in relation to aggregation and reproduction in desert locusts. *Physiological Entomology*, 28 : 11–18.
- Gendouz-Benrima A. (2005). Ecophysiologie et biogéographie du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le Sud algérien. Thèse. Doct. Sciences agronomiques, INA, Alger, 212p
- Ghaout S., (1990). Contribution à l'étude des ressources trophiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål) (Orthoptera, Acrididae) solitaire en Mauritanie occidentale et télédétection de ses biotopes par satellite. Thèse de Doctorat en Sci. de l'Université Paris XI, Orsay Fr.. Edit. par FAO, Séries techniques, Station de Recherche acridienne, N°AGP/DL/TS/28, 241p.
- Gillon Y., (1983). Etude écologique quantitative d'un peuplement acridien en milieu herbacé tropical. Thèse de doctorat en science, Université de Paris, France, 203p
- Hassanali A., Njagi P.G.N., Bashir M.O., (2005). Chemical ecology of locusts and related acridids. *Annu. Rev. Entomol.* 50, 223–245.
- I.N.R.A. (1989). Rapport sur les données climatiques et édaphiques de la région d'Adrar, Algérie: ed. Inst.Nat.Rech.Agro.:12p
- Kang L., Chen X., Zhou Y., Liu B., Zheng W., Wang, Li, R., J., Yu, J., (2004). The analysis of large-scale gene expression correlated to the phase changes of the migratory locust. *PNAS* 101, 17611–17615
- Kara F.Z., (1996). Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera:Acrididae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées. Thèse Magister, Institut National Agronomique, El Harrach, Algérie.180p
- Kara-Toumi F.Z., Doumandji-Mitiche B., Gendouz- Benrima A. Merah O. (2010). Seasonal dimorphism of the desert locust in the Saharan agriculture areas. *Afri.Ento.*18(2), 313-321 Seasonal dimorphisme of the desert locust in agriculture al
- Launois M.H., (1974). Méthode pratique d'analyse des populations acridienne sur le terrain. PNUD (FS) MML/8/ projet MAG.70/52. 1–7. FAO, Rome.
- Le Gall P., (1989). Le choix des plantes nourricières et spécialisation trophiques chez les Acrididea (Orthoptera) *Bull.Ecol.T.*20 .3pp 245-261
- Ould Ahmadou, Bouichia M.I. et Idrissi et Hassani I.M., (2001). Mise en évidence du pouvoir répulsive et toxique de *Ghinus lotoides* (Aizoacées) sur les larves de criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål , 1775) (Orthoptera ,Acrididea). *Zool. baetica.* 12. pp109- 177
- Ould Elhadj M.D., (1999). Etude du régime alimentaire de quatre espèces d'Acrididae dans les conditions naturelles de la ferme de Jouifa dans la région de Bénis Abbés (Sahara septentrional) *Ann. Inst. Nati. Agro. , El Harrach*, Vol. 20 (1-2) : 69 -75
- Ould Elhadj M.D., (2002). Les nouvelles formes de mise en valeur dans le Sahara algérien et le problème acridien. *Sécheresse* 13: 37–42.
- Ould Elhadj M.D., (2004). Le problème acridien au Sahara. Thèse. Doct. Sciences agronomiques, INA, Alger, 279p
- Pener M.P., (1991). Locust phase polymorphism and its endocrine relations. *Adv. Insect Physiol.* 23, 1-79.
- Pener M.P. et Yerushalmi, Y., (1998). The physiology of locust phase polymorphism: an update. *J. Insect Physiol.* 44, 365–377.

- Pearson K. G., Hedwig B., Wolf H., (1989). Are the hindwing chordotonal organs elements of the locust flight pattern generator, J. exp. Biol. 114, 235-255.
- Quezel, P. (1963). La végétation au Sahara. Edition Massons et Cie, Paris.
- Simpson S.J., McCaffery A.R., (1999). A behavioural analysis of phasechange in the desert locust. Biological Reviews 74, 461-480.
- Simpson S. J., and Raubenheimer, D. (2000). The hungry locust. Adv. StudyBehav. 29, 1–44.
- Simpson S.J., Miller G.A. (2007). Maternal effects on phase characteristics in the desert locust, *Schistocerca gregaria*: a review of current understanding. Journal of Insect Physiology 53: 869–876.
- Simpson S.J., Despland E., Hagele, B.F., Dodgson, T., (2001). Gregarious behavior in desert locusts is evoked by touching their back legs. PNAS 98, 3895-3897.
- Tanaka S., (2001). Corazonin and locust phase polyphenism. AppliedEntomology and Zoology 41, 179–193.
- Tanaka S., Maeno K., 2006. Phase-related body-color polyphenism in hatchlings of the desert locust, *Schistocerca gregaria*: re-examination of the maternal and crowding effects. Journal of Insect Physiology 52,1054–1061
- Uvarov B., (1966). Grasshoppers and Locusts, vol.1. Cambridge University Press, Cambridge, UK
- Woldewahid G., (2003). Habitats and spatial pattern of solitarious desert locusts (*Schistocerca gregaria* Forsk.) on the coastal plain of Sudan, PhD Thesis Wageningen University. 162p.

Evaluation de l'infestation par les criocères des céréales (*Oulema spp.*) sur six de variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) dans les conditions semis arides de Sétif, Algérie

Rouag N.¹, A. Mekhlouf¹, M. Makhlouf²

¹Département d'agronomie, Université Ferhat ABBAS, Sétif - Algérie

²Institut Techniques des grandes cultures, Station de Sétif - Algérie

Auteur correspondant : rouag_rn@yahoo.fr

RESUME

L'abondance des criocères sur six variétés de blé dur (*Triticum durum*, Desf.) ainsi que l'influence de l'infestation des feuilles drapeaux sur le rendement en grain par épi ont été étudiés. Les résultats montrent l'existence de deux espèces de criocère au niveau de site expérimental (ITGC, Sétif), à savoir *Oulema melanopus* et *Oulema hoffmannseggii*. L'étude a montré qu'il existe un effet négatif entre le taux d'infestation de la feuille drapeau et le poids des grains par épis et les variétés testées ont infestées à des taux différents. Ainsi, le taux de perte en grain par épi varie de 3,48% chez la variété *Boussellam* à 23,15% chez la variété *Megress* si le taux d'infestation de la feuille drapeau est inférieur à 10%; Alors que le taux de perte en grain par épi peut varier entre 29,35% chez la variété *Boussellam* jusqu'à 85,71% chez la variété *Ofanto* si le taux d'infestation de la feuille drapeau est supérieur à 40%.

Mots clés : Criocères des céréales, *Oulema spp.*, Blé dur, dégâts, infestation.

1. INTRODUCTION

Le criocère est un insecte envahissant, ravageur des récoltes des céréales à petits grains, particulièrement de l'avoine, du blé et de l'orge (Olfert et al., 2004). *Oulema melanopus* est l'espèce la plus répartie mondialement. Il a été rencontré au niveau de la majorité des aires agricoles réservées aux céréales, en Asie, en Europe (Doug, 2010), en Afrique du Nord en Tunisie et au Maroc (Maican and Serafim, 2009) et en Algérie (Bounechada, 1990). Au niveau des cultures de blé d'hiver les pertes de rendement peuvent atteindre 25% (Webster, 1977), 28 à 49% pour le blé de printemps (Kolarov, 1988; Webster et al., 1972), et de l'orge 19-52% (Webster et Smith, 1979). Vitvitzky et Koval (1984) ont mis en évidence que la perte de rendement en blé par an varie de 10 à 20%. Si la feuille drapeau est endommagée à 90%, la perte de rendement est d'environ 23% (Gallun et al., 1967).

Le gros des dommages est causé par les larves qui en se nourrissant de tissus foliaires, laissent de longues bandes sur la face supérieure des feuilles alors que la surface inférieure reste intacte (Royce et Simko, 2000). Les champs lourdement endommagés semblent argentés et une densité larvaire de 22 à 26 larves par 100 tiges de blé d'hiver peut provoquer des pertes de rendement de l'ordre de 0.5 à 4%. (Ulrich et al., 2004)

Durant ces dernières années, le criocère de céréales a connu un développement remarquable dans les parcelles de la station expérimentale de l'institut technique des grandes cultures (ITGC, Sétif-Algérie). Cette situation nous a poussé à mener une étude de la dynamique des populations des espèces de criocères des céréales *Oulema spp.* et l'évaluation des dégâts sur le rendement causés par les espèces de criocère sur six variétés de blé dur en étudiant la relation entre le taux d'infestation de la feuille drapeau et le poids des grains par épi du même plant pour chaque variété.

2. MATERIELS ET METHODES

L'étude a été réalisée au niveau de la ferme expérimentale relevant de l'institut technique des grandes cultures (ITGC, Sétif-Algérie). Ce site est représentatif des zones semi-arides à une altitude de 980m et aux coordonnées géographiques 36° 08' N, 5° 20' E. Le suivi de la dynamique des populations des criocères a été réalisé à travers le comptage des individus adultes des criocères en adoptant la méthode de chasse à vue, suivi par la collecte de quelques spécimens, qui sont conservés pour d'ultérieures identifications. Les larves sont mises dans des boîtes perforées et alimentées avec des morceaux de feuilles de blé, dans des conditions de température ambiante de 20°C-23°C, selon Chambon et al. (1983).

L'estimation de l'abondance des criocères, a été obtenue par un échantillonnage aléatoire où chaque unité d'échantillonnage doit avoir la même probabilité que les autres d'être tirée (Gillet, 2000). Le suivi était basé sur des notations effectuées hebdomadairement au niveau des 10 parcelles, d'une superficie de 24m² chacune (20m x 1.20m) cultivée par une variété de blé dur. Quatre parcelles

élémentaires d'une superficie de 6m² (5m x 1.20m) chacune ont été prises comme répétitions pour chaque variété. La méthode d'échantillonnage aléatoire stratifiée consiste à utiliser des sous ensembles (des strates), mutuellement exclusifs et collectivement exhaustifs (Gillet, 2000). Dans notre cas, les strates sont représentées par les parcelles élémentaires consacrées à l'estimation de l'abondance des criocères. Les observations, ont débuté le 14 avril 2011 et ont pris fin le 20 juin 2011, date de récolte manuelle.

La détermination de la relation entre le taux d'infestation des feuilles drapeaux et le poids des grains par épis traduit les dégâts causés par les criocères des céréales. A cette fin, douze mètres brins infestés sur les feuilles drapeaux ont été choisis de manière à obtenir 4 classes selon le degré d'attaque de chaque variété, c'est-à-dire trois feuilles drapeaux par classe représentant les trois répétitions. Au total 120 mètres brins attaqués au niveau des feuilles drapeaux ont été sélectionnés d'une manière intentionnelle, représentant les 6 variétés de blé. Les mètres brins sont par la suite photographiés dans les mêmes conditions et le taux d'infestation a été évalué à l'aide d'un logiciel de traitement d'image (Mesurim Pro 08, Version 3.3). Ceci nous donne le pourcentage de la surface foliaire endommagée par les criocères des céréales par rapport à la surface totale de la feuille drapeau. Les mètres brins sont alors groupés en 4 classes (Fig. 1).

Classe I : attaque sur feuille drapeau inférieure à 10%.

Classe II : attaque sur feuille drapeau comprise entre 10% et 20%.

Classe III : attaque sur feuille drapeau comprise entre 20% et 40%.

Classe IV : attaque sur feuille drapeau supérieure à 40%.

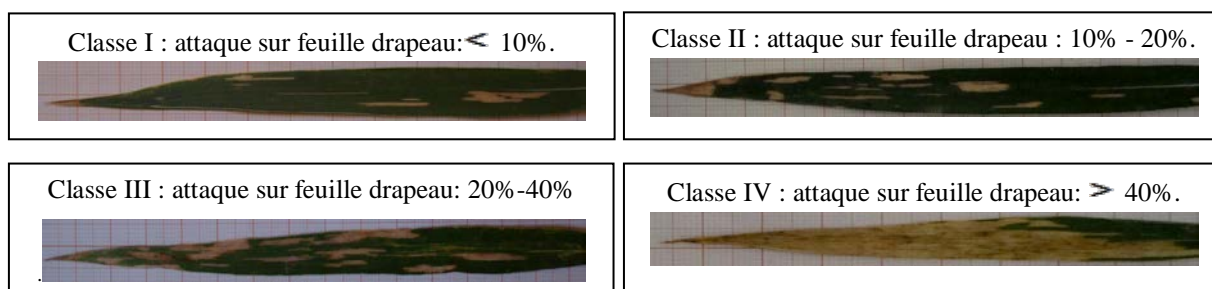


Figure 1. Classement selon le degré d'infestation des feuilles drapeaux.

Le taux d'infestation, a été évalué à travers le comptage du nombre de pieds infestés par m² de chaque variété. Trois observations sont réalisées de 25 mai au 08 juin à un intervalle de 15 jours. Tandis que le poids des grains par épis, il a été obtenu à partir de la récolte manuelle des épis de 120 mètres brins. En parallèle, 5 épis de chaque répétition des quatre classes d'infestation pour chaque variété dont la feuille drapeau est exempte de toute attaque sont récoltés et mis dans des sachets séparés. Au niveau de laboratoire, les épis récoltés sont étuvés pendant 24 heures à 105°C afin d'éliminer l'humidité interne des grains, puis broyés et nettoyés. Les grains des 120 épis infestés sont pesés pour déterminer le poids des grains/épis et le poids moyen des grains/épis/variété a été obtenu par la moyenne des 5 épis sains. La perte de rendement a été étudiée à travers la comparaison du poids des grains par épis sain et attaqué. A partir de chaque parcelle élémentaire, trois épis dont les feuilles sont infestées par les criocères ont été prélevés et conservés dans des sachets. Après un battage manuel, les grains sont pesés et le poids moyen des grains par épis de chaque variété a été déterminé. Ultérieurement, la relation entre le degré d'infestation et le poids des grains/épi a été démontrée par le calcul de l'équation de régression et du coefficient de détermination, afin d'étudier la nature et l'intensité de liaison entre les deux paramètres on utilisant le logiciel Microsoft Excel.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Abondance des criocères des céréales *Oulema* spp

Les résultats des dix sorties effectuées mettent en évidence la présence de deux espèces de criocère (*Oulemamelanopus* et *Oulemahoffmannsegi*), au niveau du site expérimental, emblavé par six variétés de blé dur : *Megress*, *Ofanto*, *Badre*, *Boussellem*, *Mohamed ben Bachir*, *Zairi*.

Le comptage des individus de chaque stade nous a donné la dynamique des populations des criocères des céréales. Les résultats de l'abondance absolue et l'abondance relative des différents stades sont

obtenus par la moyenne des 4 répétitions des populations des criocères des céréales (*Oulemamelanopus* et *Oulemahoffmannseggi*).

- Evolution des populations larvaires

On remarque qu'il y a une augmentation progressive du nombre de larves durant les premières sorties. Le maximum a été atteint à la 3^{ème} sortie avec une moyenne de 24.83 larves (Table 1, Figure.2). Ainsi, le maximum a été atteint lors de la 3^{ème} sortie avec une moyenne de 23.25 larves pour la variété *Megress*, 37.5 larves pour la variété *Ofanto*, et 35.25 larves pour la variété *Badre*. La variété *Zairi*, suit ce premier groupe avec un maximum observé à la 4^{ème} sortie avec une moyenne de 29.50 larves. Et enfin, les variétés *Bousselam* et *Mohamed Ben Bachir*, où le maximum des larves n'a été atteint qu'à la 5^{ème} sortie avec des moyennes de 27.25 larves et 18 larves respectivement. L'augmentation du nombre des larves est expliquée essentiellement par la sortie des larves suite à l'éclosion des œufs pondus antérieurement sur la céréale par les femelles de criocères. On assiste par la suite à une diminution progressive des larves chez l'ensemble des variétés jusqu'à la disparition complète. Cette diminution est expliquée par l'entrée en nymphose des larves, à une faible profondeur du sol pour *Oulemamelanopus* et sur les parties supérieures de blé pour *Oulemahoffmannseggi*.

- Evolution des populations des cocons

Le nombre de cocons a connu une augmentation progressive durant les premières sorties pour l'ensemble des variétés suite à la nymphose des larves de criocère. Le maximum de cocons a été observé à la 7^{ème} sortie avec une moyenne de 20.87 cocons (Table 1, Figure 2). Par la suite, le nombre de cocons commence à diminuer suite à la mutation des cocons en adultes.

Au niveau variétal, le maximum de cocons, a été atteint lors de la 7^{ème} sortie, avec une moyenne de 33.5 cocons pour la variété *Badre*, 30.25 cocons pour la variété *Ofanto* et 24.75 cocons pour la variété *Boussellem*, 17.75 cocons pour la variété *Zairi*, 12 cocons pour la variété *Megress*, 9 cocons pour la variété *Mohamed Ben Bachir*.

- Evolution des populations des adultes

Nous avons remarqués une diminution progressive du nombre d'adultes durant les premières sorties. La diminution du nombre d'adulte est progressive de la première sortie jusqu'à la disparition totale à la 4^{ème} sortie pour les variétés *Megress*, *Badre*, *Boussellem*, *Mohamed ben bachir* et *Zairi* et à la 5^{ème} sortie pour la variété *Ofanto*. La diminution des populations adultes est expliquée par leur disparition après l'accouplement et la ponte, le retour à l'augmentation est dû à la mutation des cocons en adultes. Après on observe une augmentation progressive jusqu'à ce qu'on arrive au maximum à la 9^{ème} sortie avec une moyenne de 5.2 adultes (Table 1, Figure 2).

La réapparition des adultes a commencé lors de la 6^{ème} sortie pour la variété *Zairi*, la 7^{ème} sortie pour les variétés *Megress*, *Ofanto*, *Badre*, *Boussellem* et lors de la 8^{ème} sortie pour la variété *Mohamed Ben Bachir*. Une fois réapparus, le nombre d'adulte a connu une augmentation progressive pour atteindre le maximum à la 9^{ème} sortie pour toutes les variétés, avec des moyennes de 3.25 adultes pour la variété *Megress*, 3.75 adultes pour la variété *Ofanto*, 8 adultes pour la variété *Badre*, 5.5 adultes pour la variété *Boussellem*, 4.25 adultes pour la variété *Mohamed Ben Bachir* et 6.5 adultes pour la variété *Zairi*. Cette augmentation est expliquée par la mutation des cocons en adultes. A la 10^{ème} sortie, on a observé une diminution du nombre d'adultes, suite au retour des criocères aux gîtes d'hiver représentés par les graminées et les divers adventices qui se trouvent à proximité des céréales.

- Fréquence relative des criocères au niveau des variétés de blé dur

La fréquence relative des larves, cocons et adultes, représente le pourcentage de ces mêmes stades rencontrés lors d'une sortie par rapport au nombre total de larves, de cocons ou d'adultes dénombrés au cours des dix sorties effectuées. Ainsi, il en ressort que la période durant laquelle les larves sont plus abondantes est la 3^{ème} sortie avec un pourcentage de 24.83%. Alors que, la période durant laquelle les cocons sont plus abondants est la 7^{ème} sortie avec un pourcentage de 22.80%. Et enfin, le maximum des adultes, est noté durant la 9^{ème} sortie avec 39,50% (Table 1, Figure 2).

Tableau 1. Variation temporelle de l'abondance absolue et l'abondance relative pour le blé dur.

N° Sorties	Dates des sorties	Abondance absolue			Abondance relative		
		Adultes	Larves	Cocons	Adultes	Larves	Cocons
1	14/04/2011	1.70	2.58	0	0.129	0.024	0
2	20/04/2011	1.33	8.70	0	0.101	0.079	0
3	27/04/2011	0.66	24.83	2.45	0.050	0.232	0.026
4	05/05/2011	0.04	22.83	8.75	0	0.213	0.095
5	11/05/2011	0.08	22.20	12.37	0	0.207	0.135
6	19/05/2011	0.04	18.45	17.54	0	0.172	0.192
7	25/05/2011	0.45	5.41	20.87	0.034	0.050	0.228
8	01/06/2011	0.66	1.91	14.87	0.050	0.017	0.162
9	08/06/2011	5.20	0.08	10.87	0.395	0	0.119
10	20/06/2011	3.00	0.00	3.58	0.227	0	0.039
Total		13.16	107	91.3	1	1	1

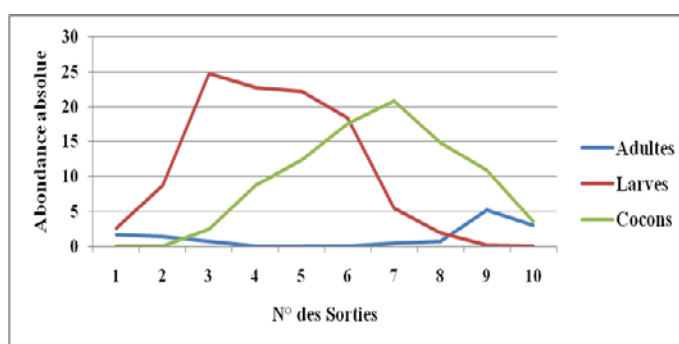


Figure 2. Variation temporelle de l'abondance absolue pour l'espèce blé dur.

3.2. Evaluation des dégâts causés par les criocères des céréales

L'estimation des dégâts causés par les criocères a été étudiée à travers la détermination du taux d'infestation des parcelles, obtenu par le comptage du nombre de pieds infestés/m² pour chaque variété sur chaque répétition. La corrélation entre le taux d'infestation de la feuille drapeau et le poids des grains par épis a été démontrée par le calcul de l'équation de régression et du coefficient de détermination en vue de déterminer la nature et l'intensité de liaison entre les deux paramètres. D'après les moyennes des poids des grains par épis et les moyennes des pourcentages d'infestation des variétés de blé dur étudiées, nous avons trouvé que le coefficient de détermination varie du plus faible $R^2 = 0.772$ pour la variété *Mohamed Ben Bachir* au plus élevé $R^2 = 0.930$ chez la variété *Zairi*. C'est-à-dire, que respectivement 77 % et 93% de la variabilité du poids des grain/épi est expliquée par la variabilité du degré d'infestation des feuilles drapeaux.

Les pertes de poids par épi des feuilles drapeaux infestées, varient progressivement en fonction du taux d'infestation en allant de moins de 10 % à plus de 40% de taux d'infestation (Table 2, Figure 3). Ainsi, si l'infestation est inférieure à 10 %, la variété *Boussellam* s'est montrée la plus attaquée par les criocères et par conséquent la perte de poids par épi était égale à 3,48 % alors que la variété *Megress* était la plus infestée et la perte de poids par épi était la plus élevée avec un taux de 23,15%. La variété *Boussellam*, s'est avérée toujours la moins infestée avec les autres plages d'infestation 10% - 20%, 20% - 40% et plus de 40% d'infestation. En revanche, dans une plage d'infestation de 10% à 20%, la variété locale *Mohamed Ben Bachir*, s'est montrée la plus infestée avec plus de perte de poids par épi. Pour le reste des plages d'infestation des feuilles drapeaux à savoir 20% - 40% et plus de 40%, c'est encore la variété *Megress* qui a donné des pertes de poids les plus élevés.

Nos résultats corroborent avec ceux obtenus par Dimitrijević *et al.*, (2001) qui ont conclu que la densité larvaire des criocères des céréales a une influence sur la chute des composantes de rendements et finalement sur le rendement. La corrélation entre les composantes de rendement et le nombre de larves sur la feuille drapeau est négative. L'augmentation de la densité larvaire sur la feuille drapeau est en corrélation avec la diminution des valeurs des composantes de rendements des blés et d'orge et

donc avec la chute de rendements. Si la feuille drapeau est endommagée à 90%, les pertes de rendements seront autour de 23% (Gallun et al., 1967).

Tableau 2. Perte du poids par épi en fonction du taux d'infestation de la feuille drapeau

Plages d'infestation (%)	Megress	Ofanto	Badre	Boussellam	MBB	Zairi
<10%	23,15	3,7	4,39	3,48	12,12	10,31
10-20%	23,15	12,7	27,32	1,49	31,82	12,11
20-40%	50	40,21	20,49	16,42	17,17	21,97
≥ 40%	51,39	85,71	48,78	29,35	50,51	31,39

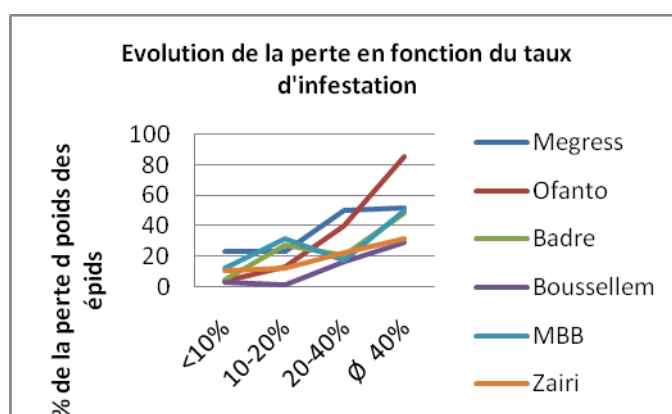


Figure 3. Evolution du taux de perte en fonction du taux d'infestation de la feuille drapeau.

Tableau 3. Taux de perte par épi et par variété si le pourcentage d'infestation de la feuille drapeau est inférieur à 10%

Variétés	Pourcentage d'infestation (%)	poids des grains (g)/épis	Poids de l'épi sain (g)	Taux de perte (%)
Megress	8,75	1,66	2,16	23,15
Ofanto	8,28	1,82	1,89	3,70
Badre	8,83	1,96	2,05	4,39
Boussellam	8,87	1,94	2,01	3,48
MBB	6,11	1,74	1,98	12,12
Zairi	8,04	2,00	2,23	10,31

Tableau 4. Taux de perte par épi et par variété si le pourcentage d'infestation de la feuille drapeau est compris entre 10-20%

Variétés	Pourcentage d'infestation (%)	poids des grains (g)/épis	Poids de l'épi sain (g)	Taux de perte (%)
Megress	15,82	1,66	2,16	23,15
Ofanto	16,45	1,65	1,89	12,70
Badre	16,51	1,49	2,05	27,32
Boussellam	19,73	1,98	2,01	1,49
MBB	13,92	1,35	1,98	31,82
Zairi	15,55	1,96	2,23	12,11

Tableau 5. Taux de perte par épi et par variété si le pourcentage d'infestation de la feuille drapeau est compris entre 20-40%

Variétés	Pourcentage d'infestation (%)	poids des grains (g)/épis	Poids de l'épi sain (g)	Taux de perte (%)
<i>Megress</i>	24,04	1,08	2,16	50,00
<i>Ofanto</i>	34,63	1,13	1,89	40,21
<i>Badre</i>	30,52	1,63	2,05	20,49
<i>Boussellem</i>	31,41	1,68	2,01	16,42
<i>MBB</i>	25,36	1,64	1,98	17,17
<i>Zairi</i>	32,73	1,74	2,23	21,97

Tableau 6. Taux de perte par épi et par variété si le pourcentage d'infestation de la feuille drapeau est supérieur à 40%

Variétés	Pourcentage d'infestation (%)	poids des grains (g)/épis	Poids de l'épi sain (g)	Taux de perte (%)
<i>Megress</i>	51,58	1,05	2,16	51,39
<i>Ofanto</i>	43,62	0,27	1,89	85,71
<i>Badre</i>	54,31	1,05	2,05	48,78
<i>Boussellem</i>	50,29	1,42	2,01	29,35
<i>MBB</i>	50,00	0,98	1,98	50,51
<i>Zairi</i>	65,86	1,53	2,23	31,39

4. CONCLUSION

L'étude de la dynamique de population des criocères des céréales indique l'existence de deux espèces de criocère des céréales au niveau de la station de l'ITGC (zone agro écologique), en l'occurrence de *Oulemamelanopus* et *Oulemahoffmannseggi*. Concernant l'abondance des deux espèces de criocères, nous avons remarqué la présence d'un nombre supérieur d'adultes pour *Oulemahoffmannseggi* par rapport à *Oulema melanopus* sur l'ensemble des variétés et les effectifs des différents stades des criocères varient selon les stades phénologiques des céréales et les conditions climatiques.

L'étude a montré une différence dans le degré d'attaque des différentes variétés. Le taux d'infestation indique que la variété *Badre* est la variété la plus attaquée avec les variétés *Zairi* et *Ofanto*. Ceci est peut être liée aux caractères variétaux dont la couleur, la largeur des feuilles et la précocité des variétés.

L'étude a montré que le taux d'infestation de la feuille drapeau influe négativement sur le poids des grains par épi et par conséquent sur le rendement total sur l'ensemble des variétés étudiées, c'est-à-dire plus le pourcentage d'infestation de la dernière feuille drapeau augmente plus le poids des grains/épis diminue.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bounechada M., (1990). Contribution à l'étude écologique des chrysomélidés (Coléoptère) de la région de Sétif. Thèse en magister, institut de biologie, université de Sétif, 172p.
- Chambon, J.P., C. Van Laere, G. Genestier, C. Pineau, C. Coquempot, 1983. Étude des populations d'*Oulemamelanopus* L. et *Oulema lichenis* Weiss. Coleoptères *Chrysomelidae*) sur blé dans la région parisienne. *Agronomie* Vol. 3 No. 7, p. 685.
- Gallun, L. R., Everly, T. R., Yamazaki, T. W., (1967). Yield and Milling Quality of Monon Wheat Damaged by Feeding of Cereal Leaf Beetle, *J. Econ. Entomol.*, 60(2), 356-359.
- Gillet F., (2000). La Phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique. Université de Neuchâtel, Institut de Botanique. Doc. Labo. Ecol. Vég., 1, 68 p.
- Kolarov, J. (1988): Resistance of different wheats to the Cereal Leaf Beetle *Oulema melanopus* L. (Coleoptera, *Chrysomelidae*), *Cereal Res. Commun.*, 16(1-2), 19-23.
- Maican, S., R. Serafim, (2009). Data about *Cerambycidae* and *Chrysomelidae* (Coleoptera: *Chrysomeloidea*) collected from Mediterranean expeditions. *Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle «Grigore Antipa»*. Vol. LII pp. 415-428

- Olfert, O., Weiss, R.M., Woods, S., Philip, H., and Dosdall, L., (2004). Potential distribution and relative abundance of an invasive cereal crop pest, *Oulema melanopus* L. (Coleoptera: Chrysomelidae). Canada, *Can. Entomol.*, 36: 277-287.
- Royce, L. A., and Simko, B. (2000). Cereal Leaf Beetle: Identification, Control, and California Quarantine Act. EM 8762, Extension Service, Oregon State University, Oregon.
- Ulrich W., Czarnecki A., Kruszyński T., 2004. Occurrence of pest species of the Genus *Oulema* (Coleoptera : Chrysomelidae) in Cereal fields in north Poland, *EJPAU* 7(1), Poland.
- Vitvitzky, A. M., Koval, M. N. (1984): Opushenie listev pshenitzi i povrezhdenie pyavitzei, *Zashita rasteny*, Moskva, **10**, 22-23.
- Webster, A. J. (1977): The Cereal Leaf Beetle in North America: Breeding for Resistance in Small Grains, *Ann. New York Acad. Sci.*, **287**, 230-237.
- Webster, A. J., Smith, H. D. (1979): Yield Losses and Host Selection of Cereal Leaf Beetles in Resistant and Susceptible Spring Barley, *Crop Sci.*, **19**, 901-904.
- Webster, A. J., Smith, H. D., Lee, C. (1972): Reduction in Yield of Spring Wheat Caused by Cereal Leaf Beetles, *J. Econ. Entomol.*, **65**(3), 832-835.

Flavonoid extracts from some medicinal plants for controlling *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*

Mebarki Lakhdar^{1*}, Kaid Harche Meriem¹, Benlarbi Larbi², Makhoulfi Ahmed², Hadjiedj Rokia³, Boulagha Khadra³

¹Laboratory of Production, Vegetal and Microbial Valorization, Department of Biotechnology; Sciences faculty; University of Sciences and Technology, Mohamed Boudiaf (USTOMB),

P.O. Box. 1505, El-M'naouar, Oran, 31000, Algeria

²Laboratory of valorization of vegetal Resource and Food Security in Semi Arid Areas, South West of Algeria, University of Bechar, BP 417, Bechar, Algeria.

³Faculty of Science and Technology, University of Bechar, BP 417, Bechar, Algeria.

*Corresponding author: Email: mebarki76@yahoo.fr

SUMMARY

Medicinal plant extracts are endowed with several biologically active compounds with potent antimicrobial activity and could be used to effectively replace synthetic chemicals. In this study, we aimed to evaluate the antifungal effect of flavonoid extracts derived from leaves of *Anvillea radiata*, *Bubonium graveolens* and *Cotula cinerea* (medicinal plants harvested from the area of Bechar, southwest of Algeria) on the virulence of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa) using potato tuber tissue technique with different quantities of flavonoid extracts (250, 500, 750 and 1000 µg). After 7 days of incubation in the dark the necrotic tissues were weighted and the results were compared to the virulence of Foa (potatoes slice without plant extracts) as relative virulence (RV). The results indicated that necrotic lesions were visible compared with the slices without Foa culture. 83.33 % of tests showed a decrease in the RV of Foa on potato tuber tissue compared to Foa virulence without plants extracts, and only 16.66 % of tests revealed RV superior to Foa.

Keywords: antifungal effect, flavonoid, *Fusarium oxysporum* f. sp. *Albedinis*, plant products, virulence.

RESUME

Les extraits des plantes médicinales sont riches en composés biologiquement actifs et qu'ayant une activité antimicrobienne puissante. Ces produits pourraient être utilisés pour remplacer efficacement les produits chimiques de synthèse. Dans cette étude, nous avons cherché à évaluer l'effet antifongique des flavonoïdes issus de la partie foliaire de *Anvillea radiata*, *Bubonium graveolens* et *Cotula cinerea* (plantes médicinales récoltées dans la région de Béchar, sud-ouest Algérien) sur la virulence de *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* (Foa) en utilisant la technique des tranches de tubercules de pomme de terre avec différentes quantités d'extraits flavonoïdiques (250, 500, 750 et 1000 µg). Après 7 jours d'incubation à l'obscurité, les tissus nécrosés ont été pesés et les valeurs ont été comparées à la virulence de Foa (tranches de pomme de terre sans extraits de plantes) comme virulence relative (VR). Les résultats ont montré que les lésions nécrotiques étaient visibles par rapport aux tranches non inoculées par Foa. 83.33% des tests ont montré une diminution de la VR de Foa sur les tissus de pomme de terre par rapport à la virulence du Foa en absence des extraits de plantes, et seulement 16,66% des tests ont révélé une VR supérieure au Foa.

Mots clés: effet antifongique, Flavonoïde; *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*; produits végétaux, virulence

1. INTRODUCTION

Date palm, being a crop of the arid and marginal lands, has an integral relationship with the life of the rural people. It has excellent potential for improving the rural sector, and contributing to the economic, social and cultural aspects of rural areas. Various primary and secondary products of date palm add to the economic and social security of the people. Date palm cultivation helps generate considerable opportunities for rural employment, ensures livelihood and food security of the rural masses and facilitates eco-restoration. It can act as a catalyst for the development of the rural sector in the arid regions (Rajmohan, 2011).

After listing the different types of enemies of the palm in the world and those threatening the oases of the Maghreb, the author reported that the palm sanitary problems in this area are classified as major

constraints of the date palm sector development. The Bayoud, palm vascular wilt caused by *Foa*, is undoubtedly the most destructive disease and most threatening in the Maghreb countries. The diversity of situations in these countries imposes a variety of strategies to control this disease (Sedra, 2013).

Using extracts from plants containing natural antifungal compounds for plant disease control is considered to be one of the desirable methods for plant protection in agriculture (Kim et al. 2004; Boulénouar et al., 2009; Kadoglidou et al., 2011). Also, many natural products were tested for their effect on *Foa* growth and survival (Si Moussa et al., 2010; Boulénouar et al., 2012). Flavonoids are a class of natural compounds possessing a wide range of pharmacological activities (Havsteen, 1983). The role of flavonoids in the plants was to promote physiological survival of the plant by protecting them from fungal pathogens and UV-B radiation (Cushnie and Lamb, 1995). The antimicrobial activity of flavonoids and flavonoid rich fractions of several plant extracts have been reported (Akroum et al., 2009; Jayashree et al., 2009). The antifungal properties of various naturally occurring flavonoids have also been reported (Zheng et al., 1996; Afloyan and Meyer, 1997).

The main goal of this investigation was undertaken to evaluate the antifungal effect of flavonoid extracts derived from some Algerian medicinal plants (widely used in traditional medicine) against *Foa*.

2. MATERIALS AND METHODES

2.1. Plant material

Leaf parts of *Anvillea radiata*, *Bubonium graveolens* and *Cotula cinerea* were collected from a natural population in the area of Bechar, southwest of Algeria. The collected parts were shade dried and then stored separately until their use.

2.2. Plant pathogenic fungi

The fungal strain used in this study was *Foa*. It was isolated from rachis of infected date palm in infested palm grove in the region of Bechar, Algeria. This fungal species was maintained on potato dextrose agar acidified (PDAA) and stored at 5°C for further study.

2.3. Moisture Content

Medicinal plants were dried at 60°C under vacuum for 8 to 12 h until their weight remained constant. The weight difference after drying was considered the moisture content (Aziz et al., 1998).

2.4. Preparation of flavonoids extract

Flavonoids were extracted according to the protocol of Lee et al. (1995). 50 g of plant powder were heated at 90 °C under reflux in a mixture of distilled water/ethanol (250 ml/250 ml) for 4 h and the extract was filtered through a filter paper. The aqueous-ethanolic phase was evaporated until eliminating ethanol and was extracted with 100 ml of n-butanol, then was acidified to pH = 3 with 10% HCl, and then the n-butanol phase was dried. The dry residue was extracted three times with a mixture of distilled water/ethyl acetate (100 ml/100 ml) for one hour, and the organic phase was basified to pH = 9 with NaOH. After 15 minutes of rest, the organic phase (represents flavonoids extract) was dried before being weighed and recovered in 1% ethanol for biological tests.

2.5. Effect of flavonoid Extracts on Virulence of Foa

The virulence assay was carried out as described by Herrmann et al. (1996) with slight modification. New potatoes (*Solanum tuberosum* L.) were surface sterilized for 5 min in 1% sodium hypochlorite and washed three times with sterile water. After being dried, the potatoes were cut into slices 6 mm thick and placed on sterile filter paper, soaked with sterile water, in sterile Petri dishes. On the center of the potato slices, different quantities of flavonoid extract (250, 500, 750 and 1000 µg) were applied. Treated potato slices, were each inoculated by placing a mycelial disc (10 mm in diameter, on the center of each slice, mycelial side down) of a 7 day-old *Foa* culture grown on PDAA medium and incubated for 7 days at 25 ± 2°C in the dark. Virulence was determined by weighing the Petri dishes before and after removal of the decomposed tissue. The results were compared to the virulence of *Foa* (infected potato slices without plant extracts) as relative virulence (RV).

3. RESULTS AND DISCUSSION

For many years, a variety of different synthetic chemicals have been used as antifungal agents to inhibit the growth of plant pathogenic fungi. However, there is a series of problems against the effective use of these chemicals in areas where the fungi have developed resistance. In order to overcome this problem, higher concentrations of these chemicals were used, but this increases the risk of high-level toxic residues in the products and increased resistance. Therefore, public awareness of these factors has increased interest in finding safer alternative protectants to replace synthetic chemical pesticides. Some synthetic pesticides can also cause environmental pollution owing to their slow biodegradation in the environment. This has also increased the need for the development of new safe and biodegradable alternatives as natural fungicides. Thus, there is a growing interest on the research of the possible use of natural products such as plant-based extracts, which may be less damaging for pest and disease control. In this study, flavonoid extracts derived from three medicinal plants were tested on *Foa* virulence.

The stoving led us to find that the moisture content of the medicinal plants investigated was between 71.74% and 79.01%. Extraction conducted on leaf parts of these species has given the following yields (Table 1).

Table 1. Moisture content and extraction yield.

	<i>Cotula cinerea</i>	<i>Bubonium graveolens</i>	<i>Anvillea radiata</i>
Moisture content (%)	71,74	75,10	79,01
Flavonoids yield (%)	1,24	1,86	1,39

The virulence assay indicated that necrotic lesions were visible compared with the slices without *Foa* culture (Figure 1). The relative virulence of *Foa* on potato tuber tissue without plants extracts was 100% (518 mg of necrotic tissue weight). Ten tests among twelve showed a decrease in the RV of *Foa* on potato tuber tissue compared to *Foa* virulence with no additions (Figure 2), and only 16.66 % of tests revealed RV higher to *Foa*. The maximum value of relative virulence was exhibited by *Anvillea radiata* extracts at 250 µg (RV= 114.6% with 590 mg of necrotic tissue weight), but the minimum relative virulence was presented by *Cotula cinerea* extracts at 1000 µg (RV= 72.3% with 370 mg of necrotic tissue weight).

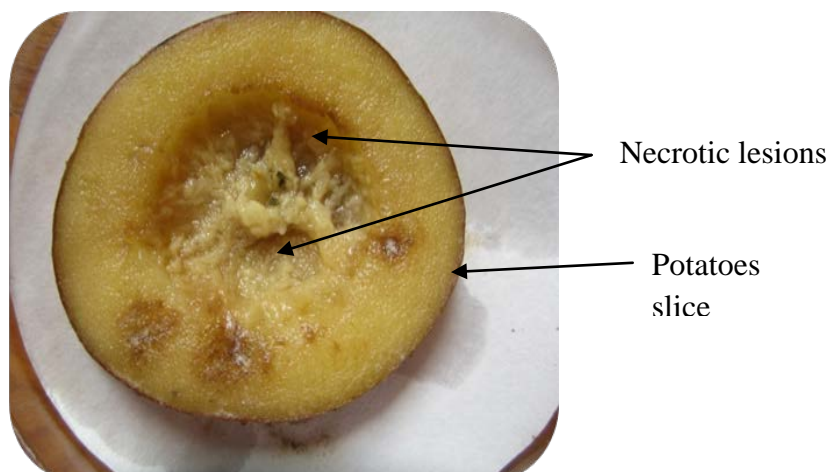


Figure 1. *Foa* virulence on potatoes slice.

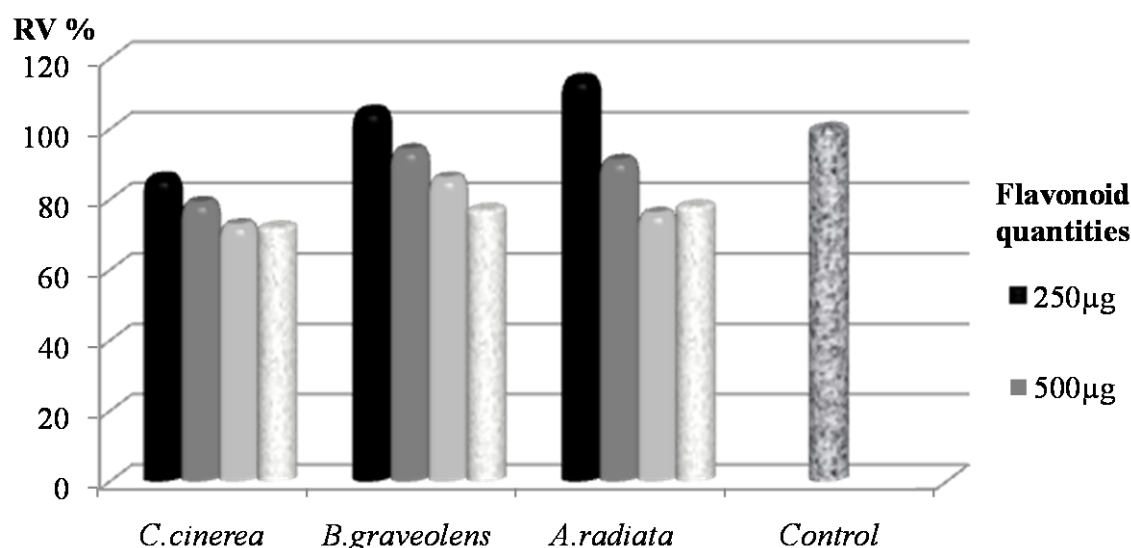


Figure 2. Effect of flavonoid extracts on Foa virulence.

4. CONCLUSION

A very large number of fungi such as *Fusarium oxysporum* are responsible for major plant diseases. Disease control relies mainly on the extensive use of fungicides with the risk of development of resistant pathogen strains. To obtain green food, the replacement of fungicides by effective and environment-friendly methods is the major way forward. Plant extracts may be alternative strategies to the currently used fungicides to control plant pathogenic fungi, because they virtually constitute a rich source of bioactive substances which could lead to the development of new classes of possibly safer disease control agents. The results obtained from this study may contribute to the development of new antifungal agents to protect the crops from fungal diseases.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Afloyan AJ, Meyer JJM. (1997). The antimicrobial activity of 3,5,7-trihydroxy flavones isolated from the shoots of *Helichrysum aureonitens*. J Ethnopharmacol, 57, 177-178.
- Akroum S, Bendjeddou D, Satta D, Lalaoui K. (2009). Antibacterial activity and acute toxicity effects of flavonoids extracted from *Mentha longifolia*. Am Eurasian J Sci Res, 4(2), 93-96.
- Aziz NH, Youssef YA, El-Fouly MZ, Moussa LA. (1998). Contamination of some common medicinal plant samples and spices by fungi and their mycotoxins. Bot. Bull. Acad. Sin, 39: 279-285.
- Boulenouar N, Marouf A, Cheriti A. (2009). Effect of some poisonous plants on *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. J. Biol. Sci, 9(6): 594-600.
- Boulenouar N, Marouf A, Cheriti A, Belboukhari N. (2012). Medicinal plants extracts as source of antifungal agents against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*. J. Agr. Sci. Tech, 14: 659-669.
- Cushnie TTP, Lamb AJ. (1995). Antimicrobial activity of flavonoids. Int J Antimicrob Agents, 26, 343-356.
- Havsteen B. (1983). Flavonoids: A class of natural products of high pharmacological potency. Biochem Pharmacol, 32, 1141-1148.
- Herrmann M, Zocher R, Haese A. (1996). Enniatin production by *Fusarium* strains and its effect on potato tuber tissue. App. Environ. Microbiol, 62 (2), 393-398.
- Jayashree BS, Anjum NF, Nayak Y, Vijaykumar D. (2009). Synthesis of substituted 3-hydroxy flavones for antioxidant and antimicrobial activity. Pharmacol online, 3, 586-595.
- Kadoglidou K, Lagopodi A, Karamanoli K, Vokou D, Bardas GA, Menexes G, Constantinidou HA. (2011). Inhibitory and stimulatory effects of essential oils and individual monoterpenoids on growth and sporulation of four soil-borne fungal isolates of *Aspergillus terreus*, *Fusarium oxysporum*, *Penicillium expansum*, and *Verticillium dahlia*. Eur J Plant Pathol, 130: 297-309.

- Kim YM, Lee CH, Kim HG, Lee HS. (2004). Anthraquinones isolated from *Cassia tora* (Leguminosae) seed show an antifungal property against phytopathogenic fungi. J Agric Food Chem, 52, 6096–6100.
- Lee Y, Howard LR, Villalon B. (1995). Flavonoids and antioxidant activity of fresh pepper (*Capsicum annuum*) cultivars. J. Food. Sci, 60 (3), 473-476.
- Rajmohan K. (2011). Date Palm Tissue Culture: A Pathway to Rural Development. In: Shri Mohan Jain, Dennis V. Johnson and Jameel M. Al-Khayri editor. Date Palm Biotechnology, Springer Science+Business Media B.V, pp. 29-45.
- Sedra MH. (2013). The bayoud (vascular wilt) of date palm in North Africa: situation, research achievements and applications. Acta Hort, 994, 59-76.
- Si Moussa L, Belabid L, Tadjeddine A, Bellahcene M, Bayaa B. (2010). Effect of Some Botanical Extracts on the Population of *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis*, the causal agent of bayoud disease in Algeria. Arab. J. Pl. Prot, 28, 71-79.
- Zheng WF, Tan RX, Yang L, Liu ZI. (1996). Two flavones from *Artemisia giraldi* and their antimicrobial property. Planta Medica, 62, 160-162.

Monitoring de la maladie de l'enroulement jaune foliaire TYLCD chez la tomate cultivée sous serre géothermique dans le sud tunisien

Sabrina Nahdi^{*1}, Amani Mathlouthi¹, Rukaya Ghandour¹, Mokhtar Elbakkey¹, Tebra Triki¹ Belgacem Lachiheb¹ et Sonia Boukhris-Bouhachem²

Le premier et le deuxième auteur ont contribué équitablement à la réalisation de ce travail

¹IRA, Laboratoire d'Aridoculture et cultures oasisiennes, Route du Djorf, 22,5 Km, Médénine, 4100

²INRAT, Laboratoire de Protection des Végétaux, Rue Hédi Karray, 2049 Ariana, Tunis, Tunisie

*Corresponding author, E-mail address: nehdimah@yahoo.fr

RESUME

La présence de deux souches de virus TYLCV et TYLCSV a été actualisée dans le sud de la Tunisie dans les serres géothermiques et le pourcentage d'infection individuelle et mixte dans chaque zone étudiée a été déterminée. 218 échantillons ont été collectés, entre fin Février -début Mars 2013, y compris 209 échantillons de tomate, 3 échantillons de piment et 6 échantillons de malherbes appartenant aux genres suivants: *Chenopodium*, *Malva* et *Sonchus*. La «PCR multiplex" avec les amorces conçues par Pellegrin et al. (2008) a révélé un nombre d'échantillons positifs de l'ordre de 114samples (52,3%), ce qui semble être corrélée avec des symptômes prononcés observés. La coexistence de deux souches dans différentes zones étudiées dans le sud de la Tunisie (sarde et israélienne) a été détectée avec la prédominance de la souche sarde. Une infection mixte a été signalée chez 36 échantillons parmi 114.

Mots clefs: TYLCD, Geminiviridae, *Begomovirus*, serre géothermique, Tomate, Sud tunisien

SUMMARY

The presence of two strains of virus TYLCV and TYLCSV in southern Tunisia in geothermal greenhouses has been updated and the percentage of infection both single and mixed in each surveyed zone was determined. During the end of February-beginning of March 2013, a number of 218 samples were collected including 209 samples of tomato, 3 samples of pepper and 6 samples of weeds belonging to the following genera: *Chenopodium*, *Malva* and *Sonchus*. The "multiplex PCR" with the primers designed by Pellegrin et al. (2008) revealed 114samples positive samples reaching (52.3%), this seems to be correlated with pronounced symptoms observed during surveys. The coexistence of two strains in different surveyed zones in southern Tunisia (Sardinian and Israelian) was detected with the predominance of the sardinian strain. A mixed infection in 36 from 114 samples has been revealed.

1. INTRODUCTION

La tomate présente un intérêt exceptionnel dans le système économique de la Tunisie, aussi bien pour la consommation locale que pour l'exportation. Le virus de l'enroulement jaune des feuilles de la tomate TYLCV (*Tomato yellow leaf curl virus*) est l'un des virus les plus connus et constituant une menace pour la culture de tomate.

L'émergence de ce virus a causé des dégâts sévères et des pertes dramatiques de la production pouvant entraîner la perte totale de la production dans plusieurs pays du monde (Czosnek et al. 1997, Safarnejad et al. 2009).

Les symptômes du TYLCV ont été décrits pour la première fois au Cap Bon par Cherif et Russo en 1983. Les rendements de tomate, cultivée en plein champs et sous abri- serre, ont connus des réductions à cause de l'infection par le TYLCV (Fkih et al. 2003). Les dégâts sont graves partout dans le pays et les pertes peuvent atteindre 100% sur les cultures d'arrière saison (Gorsane et al. 2004).

La disponibilité d'une importante source d'eau géothermale, dans le sud tunisien a offert la possibilité de produire des tomates sous serre chauffée et irriguée. Actuellement, la superficie de la culture de tomate sous serres géothermiques par an dépasse 120 hectares (Saïd, 2009).

La production de tomate sous serre géothermique offre la possibilité d'obtenir un rendement plus élevé, plus précoce et d'une meilleure qualité (Mougou, 1998; Haddad, 2003).

D'où il est jugé utile de réaliser les objectifs suivants: 1) Prospecter et monitorer la présence de cette maladie associée à la culture de la tomate sous serres géothermiques (2 Déterminer l'incidence de la maladie et son pourcentage d'infection, 3) Identifier les principales souches (israélienne et sarde) et leurs présences aussi bien individuelles qu'en infection mixte, 4) L'incidence du TYLCD sur les principales variétés cultivées sous serres géothermiques.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel végétal

Une prospection a été faite dans les trois gouvernorats du sud tunisien (Gabes, Kébili et Tozeur) couvrant 21 exploitations pendant la période s'étalant du fin février au début mars 2013. Cette prospection a permis la collecte de 218 échantillons symptomatiques et asymptomatiques dont 70 échantillons collectés de Gabes, 101 échantillons de Kébili et 47 échantillons de Tozeur.

Les échantillons collectés selon l'observation des symptômes les plus caractéristiques de virus de l'enroulement jaune en cuillère des feuilles de la tomate, enroulement apicale des feuilles sous forme de cuillère avec une chlorose généralisée.

2.2. Extraction d'ADN

L'extraction d'ADN a été réalisée selon le protocole décrit par Accotto et *al.* (2000) à base de tampon citrique. Le protocole d'extraction consiste à broyer 0.15 g de feuille en poudre fine dans un mortier stérile. Un volume de 500 µl de tampon citrique a été ajouté au broyat. Le mélange a été récupéré dans un tube «eppendorf», une fois le mélange a été bien agité puis incubé dans la glace pendant 10 min. Une Centrifugation à 13 000 rpm pour 10 min sera effectuée, 500 µl du surnageant sera récupéré dans un nouveau tube qui seront additionnés à l'isopropanol froid, bien mélanger. Une autre centrifugation à 13 000 rpm pour 10 min sera réalisée. Après avoir, jeter le surnageant et récupérer le culot, un lavage à l'éthanol 70% sera fait, suivi d'une centrifugation à 13 000 rpm pour 5 min. Escorter l'éthanol et sécher le culot pour 15 min jusqu'à enlever l'odeur de l'éthanol. Enfin re-suspendre le culot dans 100 µl de H₂O stérile et le conserver à -20°C.

2.3. La «PCR Multiplex»

Dans un micro-tube «PCR», on dispose un volume total de 10 µl dont une concentration d'ADN de l'ordre de 50ng. Les quatre amorces sont mises dans le même Mixte avec les réactifs suivants (tampon PCR 5X, MgCl₂ 25mM, dNTPs 10mM, Taq ADN polymérase 5U, les amorces désignées par Pellegrin et *al.*, (2008) sont les suivants: TY209, TY575c et TY1363c, TY613) et ils sont utilisés avec une concentration de l'ordre de 0.2 µM.

L'amplification de la séquence spécifique de l'ADN d'intérêt a été faite dans un thermocycleur (Gene Ap System 9700) selon le programme suivant:

Etape 1: 95.0°C pendant 15 min (dénaturation initiale), Etape 2: 34 cycle de (94.0°C pendant 30 sec, 63.0°C pendant 1 min 30 sec, 72.0°C pendant 1 min 30 sec), Etape 3: 72.0°C pendant 10 min.

Les 4 amorces permettent d'amplifier simultanément, dans le même mixte les deux espèces de virus (Sarde et Israélienne). En fait le couple TY209/TY575c amplifie la souche sarde *tomato yellow leaf curl sardinia virus*, TYLCV-Sr (366 pb) et le second couple TY613/TY1363c permet d'amplifier la souche israélienne *tomato yellow leaf curl virus* ou *tomato yellow leaf curl Israël virus* TYLCV-IL (750 pb).

La révélation a été faite par migration de 10µl de produit PCR sur gel d'agarose 1% dans une cuve d'électrophorèse. La visualisation des amplimères a été réalisée grâce à un appareil «Gel Doc» (Bio Doc-It). La taille de l'ADN amplifié est estimée par comparaison avec le marqueur moléculaire utilisé 100pb (*Vivantis*).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Des symptômes d'enroulement de feuilles avec jaunissement du limbe, des folioles filiformes, violacées et de taille réduite avec nanisme et gaufrage très accentué chez les plantes de tomate ont été observés sur cultures de tomate conduites sous serres géothermiques du sud tunisien dans tous les périmètres irrigués prospectés aussi bien à Gabes, Tozeur et Kébili (Figure 1).



Figure 1. Symptômes observés chez les cultures de tomate dans les différents gouvernorats prospectés du sud tunisien.

- (A) Gaufrage et jaunissement du limbe foliaire
- (B) et (C) jaunissement et enroulement foliaire en forme de «cuillère»
- (D) Eclaircissement des nervures
- (E) Attaque des feuilles de tomate par l'Aleurode
- (F) Jaunissement sévère
- (G) Marbrure et Gaufrage au niveau du limbe
- (H) Jaunissement, enroulement foliaire et nanisme
- (I) Jaunissement et nanisme

3.1. Identification moléculaire du TYLCD

3.1.1. Identification du TYLCD par la «PCR multiplex»

Les résultats obtenus par les amorces (TY209/TY575 et TY613/TY1363) sont corrélés avec la symptomatologie observée. Ces amorces semblent être plus spécifiques et plus sensibles que ceux standardisés par l'Organisation Européenne de la Protection des Plantes (OEPP).

3.1.1.1. Incidence du TYLCD dans le gouvernorat de Kébili

101 échantillons collectés à partir de 5 périmètres irrigués (Limagues, Jemna, Bazma, Ras El Ain et El Faouar) de Kébili ont été analysés. Le pourcentage d'infection dans cette région a atteint 41.58% par le TYLCD dont 35.71% comme infection mixte TYLCV-IL et TYLCV-Sr dans le même échantillon, 23.80% des échantillons sont infectés individuellement par le TYLCV-IL et 40.47% seulement se sont révélés positifs pour le TYLCV-Sr (Tableau 1).

Le Tableau 1 présente l'incidence de chaque souche de TYLCV à Kebili avec une prédominance de la souche Sarde. Le pourcentage le plus élevé est mentionné dans la localité El Faouar avec 62.5%, suivi de Bazma 53.84 % d'infection par le TYLCV.

Tableau 1. Infection par le TYLCD dans le gouvernorat de Kébili

Localités	Echantillons testés	Echantillons positifs par le TYLCD	Infections mixtes	Infection singulière par la souche sarde	Infection singulière par la souche israélienne
Limagues	10	4/10	3/4	1/4	-
Jemna	29	4/29	3/4	-	1/4
Bazma	13	7/13	4/7	3/7	-
Ras El Ain	9	2/9	1/2	1/2	-
El Faouar	40	25/40	4/25	12/25	9/25
Total	101	42/101	15/42	17/42	10/42

3.1.1.2. Incidence du TYLCD dans le gouvernorat de Gabès

Cinq sociétés appartenant à deux périmètres irrigués, Hamma et Khoubayate du gouvernorat de Gabes ont été prospectées. Le pourcentage d'infection dans cette région a atteint 67.14% par le TYLCD (toutes souches confondues) dont 36.17% comme infection mixte TYLCV-IL et TYLCV-Sr dans les mêmes échantillons, 61.70% des échantillons sont infectés seulement par le TYLCV-Sr et un seul échantillon seulement est révélé positif pour la souche israélienne seule (Tableau 2).

Le Tableau 2 présente l'incidence de chaque souche de TYLCV dans le gouvernorat de Gabes avec une prédominance de la souche Sarde. Ainsi que l'infection, la plus élevée par le TYLCD a été enregistrée au niveau de la région Khoubayate avec un pourcentage d'infection de l'ordre de 67.85%.

Tableau 2. Infection par le TYLCD dans le gouvernorat de Gabès

Localités	Echantillons testés	Echantillons positifs par le TYLCD	Infections mixtes	Infection singulière par la souche sarde	Infection singulière par la souche israélienne
Hamma	14	9/14	6/9	3/9	-
Khoubayate	56	38/56	11/38	26/38	1/38
Total	70	47/70	17/47	29/47	1/47

3.1.1.3. Incidence du TYLCD dans le gouvernorat de Tozeur

Le pourcentage d'infection par la maladie, recensé à Tozeur est de l'ordre de 53.19% dont 16% comme infection mixte TYLCV-IL et TYLCV-Sr dans les mêmes échantillons, 84% des échantillons sont infectés par la souche TYLCV-Sr et aucun échantillon n'est infecté par le TYLCV-IL. Aucune infection par le TYLCV-IL n'a été enregistrée. L'infection la plus élevée a été signalée à Nafta avec un pourcentage de l'ordre de 60% (Tableau 3).

Tableau 3. Infection par le TYLCD dans le gouvernorat de Tozeur

Localités	Echantillons testés	Echantillons Positifs par le TYLCD	Infections mixtes	Infection singulière souche sarde	Infection singulière souche israélienne	Pourcentage TYLCV-IL
Hammet eljerid	24	14/24	4/14	10/14	-	-
El mzara	13	5/13	-	5/5	-	-
Nafta	10	6/10	-	6/6	-	-
Total	47	25/47	4/25	21/25	-	-

3.1.2. Confrontation des résultats de la «PCR Multiplex» et de la symptomatologie

Une corrélation forte entre les échantillons symptomatiques et ceux positifs pour le TYLCD dans la «PCR multiplex». 112 échantillons positifs dans la PCR multiplex dont 108 échantillons sont symptomatiques. Le nombre d'échantillons symptomatiques peuvent atteindre jusqu'à 90% dans certaines exploitations prospectées, toutefois le pourcentage d'infection trouvé après analyse moléculaire nous montre un pourcentage d'infection d'environ 51%.

Les échantillons manifestant des symptômes du TYLCV, donnant toutefois une réaction négative par «PCR», pourrait être expliquée par l'émergence de nouveaux recombinants de TYLCD présents dans le territoire tunisien autres que celle israélienne ou sarde ou d'un autre virus manifestant les mêmes symptômes du TYLCV appartenant à la même famille *Geminiviridae*.

3.1.3. Incidence du TYLCD selon les variétés

L'incidence du TYLCD sur les principales variétés cultivées sous serres géothermiques, montre que la variété «Brinda» est la plus susceptible à l'infection par le TYLCD atteignant (75%), suivi par la variété «Moussa» (61.90%) et «Summer sun» (53.84%) (Tableau 4).

Tableau 4. Pourcentage du TYLCD de principales variétés cultivées

Variétés	Nombre d'échantillons testés	Nombre d'échantillons positifs au TYLCD	Pourcentage d'infection
«Maria»	68	20	29.41%
«Brinda»	28	21	75%
«Moussa»	21	13	61.90%
«Summer sun»	13	7	53.84%
«Amal»	12	1	8.33%

Aucune des variétés citées n'est considérée comme étant résistante au TYLCD dans le registre officiel des variétés, ce qui explique le pourcentage d'infection assez élevé. Il est donc recommandé d'utiliser des variétés plus tolérantes à la maladie.

4. CONCLUSION

Le présent travail a été réalisé dans le but d'avoir une idée générale sur l'état phytosanitaire de la culture de tomate sous serres géothermiques et sur un *geminivirus* émergent, le TYLCV agent causal de la maladie de l'enroulement jaune des feuilles sévissant sur tomate, en particulier.

Les résultats d'identification par PCR multiplex des espèces parentales du TYLCV présentes dans le sud tunisien confirment la présence de deux souches sardaigne et israélienne dans les trois gouvernorats (Gabes, Kebili et Tozeur).

On a également remarqué la prédominance de la souche sarde du TYLCV dans les échantillons collectés et plus particulièrement dans le gouvernorat de Gabes. Cependant; l'infection individuelle par la souche israélienne a été absente dans la région de Tozeur. Ces résultats corroborent avec ceux obtenus par Pellegrin et al, (2008) et Fekih-Hassan et al., (2003) dont TYLCSV est le plus dominant dans les échantillons de tomate de plein champs et sous serres plastiques du sud tunisien. D'ailleurs cette souche est très connue dans plusieurs régions du bassin méditerranéen particulièrement en Italie (Garcia-André et al. 2007a).

Cette émergence du TYLCD peut être expliquée par la forte pullulation de son insecte vecteur *Bemisia tabaci* et aux plants de tomate importés de la rive nord du bassin méditerranéen ainsi que sa grande capacité de recombinaison.

La cohabitation des deux souches israélienne et sarde simultanément dans un même échantillon a été fréquemment enregistrée dans toutes les zones prospectées, en l'occurrence dans le gouvernorat de Gabes, ceci nous permet de prédire d'un taux de recombinaison élevé entre ces deux souches parentales comme il a été signalé par Garcia-André et ses collaborateurs (Garcia-André et al. 2007b).

Les échantillons de malherbes collectés durant notre monitoring se sont révélés infectés par le TYLCV. On a détecté l'infection de 2/3 échantillons de *Chenopodium* spp asymptomatiques issus du gouvernorat de Kebili (localité de Jemna). Une par la souche sarde et l'autre co-infecté par les deux souches israélienne et sarde en même temps. Cette espèce peut héberger le virus sans engendrer des symptômes constituant une plante réservoir. Ces résultats sont en concordance avec les résultats

rapportés par Dalmon et Marchoux en 2000, stipulant que les espèces suivantes: *Cynanchum acutum*, et *Malva nicaensis* sont considérées comme porteuses saines du TYLCV. La co-infection par les deux souches israélienne et sarde a été détectée sur *solanum nigrum* et *Amaranthus lividus* en Tunisie par Pellegrin et collaborateurs en 2008.

Concernant, les 4 échantillons cultivés aux alentours de la tomate. Trois parmi eux sont touchés par le TYLCD, dont 2 par le TYLCSV et une a hébergé les deux souches simultanément. Ceci semble ne pas être en accord avec les résultats de Dalmon et Manchoux, en 2000, n'identifiant que la souche israélienne sur piment.

Le typage des souches est intéressant dans la mesure où il peut fournir des indices importants sur l'évolution et l'épidémiologie de la maladie. Une étude visant l'identification des recombinants doit être poursuivie étant donné, que la coexistence des deux souches parentales génère de nouvelles souches virales de TYLCD avec de nouveaux phénotypes et de nouvelles caractéristiques biologiques expliquant leurs capacités d'adaptation et d'émergence dans la nature.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Acotto G.P., Navas-Castillo J., Noris F., Moriones E., et Louro D. (2000). Typing of Tomato yellow leaf curl viruses in Europe 106 (2): 179-186.
- Cherif C. et Russo M. (1983). Cytological evidence of the association of a Geminivirus with the tomato yellow leaf curl Disease in Tunisia. *Phytopathology* 108, P : 221-225
- Czosnek H. et Laterrot H. (1997). A worldwide survey of tomato yellow leaf curl viruses. *Archives of virology* 142, P : 1391-1406
- Dalmon A. et Manchoux G. (2000). Quelles plantes hôtes pour le *tomato yellow leaf curl virus*. *Phytoma*. La défense des végétaux. 527 : 14-17
- Fkih Hassan I., Gorsane F. Djilani F. Fakhfakh H., Nakhla M., Maxwell D. et Marrakchi M. (2003). Detection of Tomato yellow leaf curl Sardinia virus in Tunisia. *Bulletin OEPP/EPPO*, vol. 33, P: 347-350
- Garcia-Andrés S., Polo Acotto G., Navas-Castillo J. and Mariones E. (2007a). Founder effect, plant host and recombination shape the emergent population of Begomovirus that causes the tomato yellow leaf curl disease in the Mediterranean basin. *Virology* 302-312
- Garcia-Andrés S., Miguel Tomas D., Sanchez-Campus S., Navas-Castello J. and Moriones E., (2007b). Frequent occurrence of recombinants in mixed infections of tomato yellow leaf curl disease associated begomovirus. *Virology*. 365: 210-219
- Gorsane F., Fekih Hassen I., Nakhla M-K., Fakhfakh H., Maxwell D-P. et Marrakchi M. (2004). Molecular evidence of tomato yellow leaf curl virus-Sicily spreading on tomato, pepper and bean in Tunisia. *Phytopathologia Mediterranea* 43, P : 1-10
- Haddad M. (2003). Exploitation des eaux géothermiques du Sud Tunisien pour la culture de la tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Thèse de doctorat en biologie. Faculté des Sciences de Sfax. 136p.
- Jebari H. (1994). Le greffage du melon de primeur sous abri serre plastique froid. *Ann. De l'INRAT*, 1994, V : 67(1,2). Tunis. P. 165-175.
- Kouki K. (1991). Influence de substrat des cultures et de la fertilisation sur l'amélioration de la qualité de tomate de primeur. Mémoire de fin d'étude de spécialisation, INAT, P : 162.
- Mougou A. (1998). L'utilisation de la géothermie dans le chauffage des serres. INAT, Tunis
- Pellegrin F., Mnari Hattab M., Tahiri A. Dalleau-Clouet C, Petershmitt M., Bonato O. (2008). First report of simultaneous presence of tomato yellow leaf curl Sardinia virus and tomato yellow leaf curl Israel virus infecting crops and weeds in Tunisia. *Journal of Plant Pathology* 90(1), P:145.
- Safarnejad MR., Fisher R., Commandeur U. (2009). Recombinant antibody mediated resistance against *Tomato yellow leaf curl virus* in *Nicotiana benthaminia*. *Archives of virology* 154.P : 457-67.

Evaluation de la résistance des quelques accessions tunisiennes de Melon au *Fusarium*, à l'*Oïdium* et au Virus de la Mosaïque de Concombre (CMV)

Mokhtar Elbekkay^{1*}, Hamadi Hamza¹, Naceur Djebali³, Michel Pitrat² and Ali Ferchichi¹

¹Laboratoire d'Aridoculture et Cultures Oasiennes à l'Institut des Régions Arides à Médenine, 4119 Médenine (Tunisie). Tél: ++ 216 75 490 590 Fax: ++ 216 75 490 412

E_mail: mokhtar.elbekkay@ira.rnrt.tn

²INRA, Station de Génétique et d'Amélioration des Fruits et Légumes, BP 94, F-84143 Montfavet cedex, France.

³INRST, route touristique de soliman.B.P. 95, 2050 Hammam Lif, Tunisie.

RESUME

Dans cette étude, 23 accessions de melon de la Tunisie, collectées par l'Institut des Régions Arides (Médenine, Tunisie), ont été testées pour la résistance aux races 1 et 2 du *Fusarium Oxysporum*, aux races 1, 2, 3, 5 et 3-5 de *Podosphaera xanthii* agent causale de l'oïdium et à la souche commune P29 du Virus de la Mosaïque de Concombre (CMV). Ces accessions ont été comparées à trois variétés cultivées (Beji, Maazoun, Ananas). Les résultats obtenus ont révélé la sensibilité de toutes ces accessions (23 accessions et les 3 variétés) au CMV, aux cinq races de l'Oïdium et à la race 2 de *Fusarium Oxysporum*. Seulement, 8 accessions (20% des accessions étudiées) étaient résistantes à la race1 de *Fusarium Oxysporum*. En outre, 12 accessions ont manifesté une hétérogénéité en renfermant des plantes sensibles et des plantes résistantes à ce même test pathologique.

Mots-clés. Melon, Tunisie, résistance, *Fusarium*, Oïdium, CMV

SUMMARY

In the present study 23 melon accessions, collected from Tunisia by the Institute of Arid Region (Médenine, Tunisia), were tested for resistance to *Fusariumoxysporum* (race 1 and race 2), to powdery mildews (race 1, race 2, race 3, race 5 and race 3-5 of *Podosphaera xanthii*) and to *Cucumber Mosaic Virus* (CMV, common strain P29). This accession was compared to three cultivated variety (Beji, Maazoun, Ananas). This resistance tests show that all this accessions (23 accessions and the 3 variety) are susceptible to CMV, to the five races of Powery mildews and to the *Fusarium oxysporum* Race 2. Only 8 accessions (20% of the study accessions) were resisting to *Fusarium oxysporum* race1. Among the accessions studied, 12 can be considered as heterogeneous (susceptible plants and resistant plants in the same accession).

Keywords. Melon, Tunisia, resistance, *Fusarium*, Powdery mildew, CMV

1. INTRODUCTION

Le melon (*Cucumis melo* L.) est une cucurbitacée très cultivé pour ses fruits. Il est d'origine africaine, avec comme centre de diversification le moyen-Orient et la Chine (ELMahjoub, 1985 ; Pitrat et al., 1999 ; Eltahir et Yousfi, 2004 ; Pitrat, 2004). Actuellement, il est cultivé partout dans le monde sur une superficie de l'ordre de 1,35 millions ha assurant une production dépassant 28 millions de tonnes (FAOSTAT, 2008). Selon Harzig et Dubon (1995) et Bardin (1996), le melon fait partie des grandes productions légumières des grandes productions légumières dans plusieurs pays. Mais, elle est sujette à plusieurs maladies surtout fongiques et virales (Blancard et al., 1991).

En Tunisie, le melon est traditionnellement cultivé depuis des milliers d'années (Paris et Janick, 2008). Au passé, les variétés cultivées sont les résultats des sélections massales effectuées par les agriculteurs eux mêmes. Ces cultivars locaux ont pu s'adapter à plusieurs formes de stress biotiques et abiotiques (Elbekkay et al., 2008 ; Loumerem et al., 2004). Avec l'intensification de nouvelles cultures, les anciens cultivars ont été marginalisés et sont substitués par des variétés améliorées introduites. Ces dernières peuvent assurer des productions importantes et avec des valeurs commerciales plus élevées. Toutefois, cette intensification semble être menacée particulièrement par plusieurs problèmes phytosanitaires comme le *Fusarium* (ELMahjoub, 1985 ; Louvet et Lemaitre, 1961), l'*Oïdium* (Lemaire et al., 1998; Tomason et Gibson, 2006) et le Virus de la Mosaïque de Concombre (CMV) (Ekbic et al., 2010 ; Yakoubi et al, 2008).

En outre, l'évaluation de la résistance des anciens cultivars aux différents problèmes phytosanitaires peut être une voie prometteuse non seulement pour l'identification des gènes de résistance mais elle assure la valorisation de ces cultivars et limite les risques de leur disparition. A cet effet, plusieurs

travaux de collecte, de conservation et d'évaluation des ressources génétiques locales (Bardin, 1996, Eltahir et Yousif, 2004 ; Elbekkay et al., 2008 ; Ekbic et al., 2010) ont pour but la recherche de formes de résistances à certaines maladies fongiques, virales ou autres.

Le présent travail a pour objectif l'évaluation de la résistance, à la *Fusariose*, à l'*Oïdium* et au virus CMV, de 26 accessions tunisiennes de melon collectés à travers plusieurs régions.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Matériel végétal

Vingt trois accessions de melon collectées et conservées par l'Institut des Régions Arides (IRA) à Médenine (Tunisie) et trois variétés tunisiennes améliorées (Beji, Lobnani (Lob) et Maazoune (Mz)) ont été étudiées dans ce travail (Tableau 1).

Tableau1. Liste des cultivars étudiés et des variétés de références considérées

Accessions	Institut origine	Provenance	Témoins
M3	IRA	Kébili, Tunisie	
M5	IRA	Kébili, Tunisie	
M6	IRA	Kébili, Tunisie	
M9	IRA	Kébili, Tunisie	
M15	IRA	Kébili, Tunisie	
M16	IRA	Kébili, Tunisie	
M17	IRA	Kébili, Tunisie	
M18	IRA	Kébili, Tunisie	
M19	IRA	Kébili, Tunisie	
M20	IRA	Kébili, Tunisie	
M24	IRA	Kébili, Tunisie	
M26	IRA	Tozeur, Tunisie	
M29	IRA	Kébili, Tunisie	
M31	IRA	Tataouine, Tunisie	
M50	IRA	Kébili, Tunisie	
M58	IRA	Gabes, Tunisie	
M61	IRA	Tataouine, Tunisie	
M95	IRA	Médenine, Tunisie	
M97	IRA	Kébili, Tunisie	
M120	IRA	Bizert, Tunisie	
M122	IRA	Bizert, Tunisie	
M125	IRA	Tozeur, Tunisie	
M131	IRA	Kébili, Tunisie	
Beji(Type Jaune Canari)	Commercialisée	-	
Lobnani (Type Ananas)	Commercialisée	-	
Maazoune (Type Inodorus)	Commercialisée	-	

Ces cultivars sont maintenus par l'Institut des Régions Arides (Tunisie) par autofécondation. Les résistances de ces 26 cultivars au *Fusarium*, à l'*Oïdium* et au CMV ont été évaluées et comparées à des variétés témoins fournies par l'unité de recherche d'Amélioration Génétique des Fruits et des légumes (AGFL) de l'INRA à Montfavet d'Avignon (France). Cette évaluation a été effectuée en utilisant des graines pris au hasard à partir des échantillons d'origine collectés au près des agriculteurs.

2.2. Test de résistance au *Fusarium*

Le test de résistance de ces vingt six cultivars de la Tunisie au *Fusarium* (*Fusarium oxysporum molinis*) a été réalisé pour la Race 1 (Souche Fom26) et la Race 2 (Souche Spain) pour tester respectivement la présence des gènes de résistance Fom-2 et Fom-1. Dans ce travail, trois variétés de Charentais ont été considérées comme témoins :

Charentais T : Sensible à la race 1 et à la race 2

Charentais FOM-1 : Résistante à la Race 2

Charentais FOM-2 : Résistante à la Race 1

La technique par repiquage, décrite par Besombes et Giovinazzo (2005), a été appliquée pour ce test. Elle a consisté à arracher délicatement six plantules de chaque cultivar au stade « cotylédons étalés ».

Les extrémités des racines sont trempées dans l'eau pour enlever l'excès de sable. L'extrémité des racines est coupée avec l'ongle afin de faciliter la pénétration des spores. Les plantules sont mises à tremper dans l'inoculum dilué de *Fusarium* (avec une concentration de l'ordre de 4 millions de microconidies/ml) pendant 2mn. Les plantules sont repiquées par la suite dans des terrines de terreau, irriguées et incubées dans une chambre climatisée (18°C la nuit et 25°C le jour avec 12h de jour). Ce même protocole a été appliqué pour tester les résistances à la race 1 et à la race 2.

Après 15 jours d'incubation, les notations (Résistant = plantes vertes ; Sensible= plantes jaunes et plante morte) ont été enregistrées.

2.3. Test de résistance à l'Oïdium

Les deux espèces responsables de l'oïdium sur melon sont *Podosphaera xanthii* (anciennement appelée *Sphaerotheca fuliginea*) et *Golovinomyces Cichoracearum* (anciennement appelée *Erysiphe cichoracearum*). Au sein de ces deux espèces plusieurs races sont définies en fonction de réactions d'hôtes différentiels (Bardin, 1996; Pitrat et al., 1996).

Pour évaluer la résistance à l'Oïdium, cinq races de l'espèce *Podosphaera xanthii* ont été testées : race 1 (souche Sm3), race 2 (souche S87-7), race 3 (souche 00SM39), race 5 (souche 98Sm65) et race 3-5 (souche 04Sm2). Ces sont les souches qui causent les plus des dégâts sur melon dans la région méditerranéenne.

Les cultivars tunisiens étudiés et comparés aux cinq variétés témoins fournies par l'AGFL de l'INRA (Tableau2) ont été inoculés selon la technique d'inoculation sur disque qui a été décrite par Bardin (1996). Selon Besombes et Giovino (2005), cette technique consiste à préparer l'inoculum par élevage de chaque souche sur des cotylédons de calebasse (*Lagenaria siceraria*) maintenus sur milieu gélosé en boîte de pétrie (Saccharose 10g/l, Mannitol 20g/l, Gélose 5g/l) et conservé, 10 jours avant l'inoculation, dans une chambre de culture à une température de l'ordre de 22°C et avec 12heures de jour.

Tableau2. Caractéristiques des variétés témoins considérées dans cette étude (S : sensible, R : résistante)

Espèce	<i>Podosphaera xanthii</i>				
Race	1	2	3	5	3-5
Védrantaïs	S	S	S	S	S
PMR 45	R	S	S	S	S
WMR 29	R	R	R	S	S
PMR 5	R	R	S	R	S
PI 414723	R	R	R	R	R

Quant aux cultivars étudiés, trois plantes de chaque cultivars sont produites dans des pots sous une serre bien protégée afin d'éviter toute formes de contamination. Au stade de 3 feuilles, des prélèvements des disques de 2cm de diamètre sont effectués à raison de 2 disques par plante, un disque sur la première feuille (feuille vieille) et un disque sur la troisième feuille (feuille jeune). Les disques sont inoculés dans des boîtes en polystyrène (185x125mm) sur un milieu gélosé (mannitol 10g/l, benzimidazole 30mg/l, gélose 4g/l) à raison de 54 disques par boîte. Pour l'inoculation, la boîte est placée à la base d'un trou à inoculer (hauteur=100cm, diamètre=25cm). A l'aide d'une pince fine, on tient au sommet du trou un cotylédon bien recouvert d'inoculum d'oïdium et on souffle avec une pipette Pasteur pour détacher les spores. On attend 1 à 2 minutes pour que les conidies tombent régulièrement sur la boîte. L'incubation se fait en chambre climatisée (24-25°C jour et 18-20°C nuit avec 14 h de jour).

Les notations ont été enregistrées 10jours après l'incubation. L'échelle de notation comprend six niveaux (Besombes et Giovino, 2005):

Note 0 : absence de symptômes

Note 1 : Colonies isolés couvrant moins de 10% de la surface de disque

Note 3 : Colonies isolés ne couvrant pas la totalité de la surface de disque

Note 5 : Disque couvert par une très faible sporulation

Note 7 : Disque entièrement couvert par une sporulation moyenne

Note 9 : Disque entièrement couvert par une sporulation intense

Seuls les cultivars qui ont une note moyenne (moyen de six valeurs, 3 sur les jeunes feuilles et 3 sur les feuilles vieilles) inférieure à 2 sont considérés comme résistants.

2.4. Test de résistance au CMV

Selon Ekbic et al. (2010), les infections virales sont difficiles à prévenir par l'application d'insecticide qui est la mesure la plus fréquemment utilisée par les producteurs. Par conséquent, l'incorporation de la résistance génétique de la plante hôte est une alternative intéressante. Yakoubi et al. (2008) ont noté que plusieurs variétés de melon portant la résistance à certains virus sont disponibles. La prospection des ressources génétiques semble être une voie très prometteuse pour la sélection de nouvelles variétés résistantes.

Dans ce cadre, la résistance au CMV des cultivars de melon étudiés (souche commune P29) a été évaluée et comparée à deux variétés l'une résistante (*Virgos*) et l'autre sensible (*Vedramtais*) selon le protocole appliqué à la station de recherche de l'INRA à Montfavet (France).

Environ une semaine après semis, des plantules au stade « cotylédons étalés » (à raison de 6 plantes par cultivars de melon étudiés) sont inoculées mécaniquement avec la souche commune P9 de CMV.

L'inoculum est constitué de feuilles de courgette infectées par le CMV que l'on broie à l'aide d'un broyeur à rouleaux. L'extrait de la feuille infectée est mélangé à un tampon de broyage formé de Na₂HPO₄ (0,03M) et de DIECA à 0,02% avec comme proportion : 1g de feuille pour 4ml de solution. A ce mélange, on ajoute du charbon actif qui limite les effets des inhibiteurs d'infection tel que les ARNases et du carborundum (carbone de silicium) qui est un abrasif permettant de créer des micro-blessures sur la surface de la feuille afin de faciliter la pénétration du virus dans la plante. L'inoculation consiste à frotter les surfaces supérieures de deux cotylédons de chaque plante.

Après cinq minutes de l'inoculation, les cotylédons ont été lavés par l'eau du robinet avant de placer les plantules dans une chambre de culture à 25°C avec 16h de jour. La présence ou l'absence de symptômes du virus a été notée 15 jours après l'inoculation.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Test de résistance au Fusarium

L'observation des plantules, quinze jours après l'inoculation, a montré que les cultivars de melon étudiés sont sensibles à la race 2 de *Fusarium* (Tableau 3). Cette sensibilité a été notée pour les 23 cultivars collectés ainsi que pour les trois variétés commercialisées (Béji, Maazoune et Lobnani).

Cependant, l'inoculation des ces cultivars par la race 1, a montré que 21,7 % de ces 23 cultivars sont résistants (M6, M26, M58, M120 et M131). Les trois variétés commercialisées (Béji, Lob et Mz) sont avérées sensibles à la race 1. De même, 6 accessions (M16, M19, M50, M61, M95 et M122) parmi les 23 accessions étudiées (26,1%) ont révélé une sensibilité totale à cette race.

Le reste des accessions (12 parmi les 23 accessions étudiées, 52,2%) ont montré une résistance limitée sur quelques plantes parmi l'échantillon considéré. Cette notation peut être attribuée à l'hétérogénéité de l'accession elle-même. Toutefois, ces accessions hétérogènes abritent des lots résistants à la race 1 de *Fusarium*. La sélection des plantes résistantes peut assurer l'obtention des lots de semences homogènes et résistants à cette race.

Tableau 3. Pourcentages des plantes sensibles (S) et des plantes résistantes (R) à la race1 et à la race 2 de *Fusarium oxysporiummolinis*

Fusarium oxysporum f. sp. cubense																
		M3	M5	M6	M9	M15	M16	M17	M18	M19	M20	M24	M26	M29	M31	M50
Race2	S	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Race1	S	50	80	0	50	50	100	67	83	100	67	50	0	67	20	100
	R	50	20	100	50	50	0	33	17	0	33	50	100	33	80	0
		M58	M61	M95	M97	M120	M122	M125	M131	Béji	Lob	Mz	Ch T	Ch Fom1	Ch Fom2	
Race 2	S	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	0	100	
	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0	

Race	S	0	100	100	67	0	100	75	0	100	100	100	100	100	0
1	R	100	0	0	33	100	0	25	100	0	0	0	0	0	100

La présence de cinq cultivars résistants à la race 1 de *Fusarium* et de 12 autres cultivars qui abritent des plantes résistantes semble être un résultat qui justifie de plus en plus la nécessité de la collecte et de la conservation de ressources génétiques locales de melon de la Tunisie. L'utilisation de ces cultivars locaux dans des programmes d'amélioration assure leur valorisation et par la suite leur maintien.

Ces résultats diffèrent de ceux notés par Pitrat et al. (1996) qui ont montré que parmi 21 accessions de melon collectées de l'Afrique (sans préciser le pays d'origine) aucune n'a été totalement résistante à la race 1. Par contre, ils ont noté que les collections qui présentent le plus grand nombre d'accessions résistantes au *Fusarium* (race 1) sont celles de l'extrême Orient, de moyen Orient et de la France, respectivement avec des pourcentages de 56%, 30% et 19%.

La présence de la résistance au niveau de 21,7% (74% en considérant même les accessions hétérogènes) des accessions collectées, confirme les notations de Paris et Jannick (2008), Elbekkay et al. (2008) et de Novikof (1951) qu'ont exprimé l'importance des ressources génétiques locales de melon en Tunisie.

3.2. Test de résistance à l'Oïdium

Les notations enregistrées dix jours après l'inoculation ont montré que les 21 accessions parmi les 23 étudiées sont sensibles aux cinq races considérées de *Podosphaera xanthii*. Seulement, les cultivars M120 et M122 ont révélés des résistances respectivement à la race 1 (souche Sm3) et aux races 1 (souche Sm3) et 3 (souche 00Sm39). Quant aux trois variétés commercialisées, seule la variété Béji a montré des résistances à la race 1, à la race 2 et à la race 3. Les deux autres variétés (Lobnani et Maazoune) sont sensibles aux cinq races étudiées.

Les deux cultivars M120 et M122 ont la même provenance (région de Bizert au Nord de la Tunisie). Ces deux accessions sont les seules qui proviennent du Nord du pays, les 21 accessions restantes sont originaires du Sud de la Tunisie (régions arides). Il semble que la source de résistance à certaines races d'Oïdium dans la collection étudiée est liée à la provenance de l'accession.

Ces résultats confirment les notations de Pitrat et al. (1996) qui ont montré la présence des accessions résistantes aux races 1, 2 et 3 parmi une collection formée de 18 accessions de melon de l'Afrique (sans préciser le pays). Ils ont noté que la fréquence de résistance la plus importante a été notée avec une collection (40 accessions) de l'Inde, qu'ils considèrent comme la source de résistance la plus importante au Monde.

3.3. Test de résistance au CMV

Les observations réalisées quinze jours après inoculation ont montré que la totalité de cultivars locaux de melon sont sensibles à la souche « commune P29 » de CMV testée. Même les trois variétés commercialisées ont montré une grande sensibilité vis-à-vis de cette souche, considérée comme non virulente par rapport à d'autres souches. Seule la variété Virgos, témoin résistant, n'a présenté aucun symptôme.

Un résultat similaire a été noté par Ekbic et al. (2008) en évaluant la résistance au CMV de 67 accessions de melon de Turquie. Ces résultats d'évaluation montrent la nécessité de recherche des formes de résistance à ce virus.

La présence en Tunisie de ce virus ainsi que d'autres (Yakoubi et al., 2007) accentue de plus en plus la pression soumise sur le maintien de cultivars locaux par les agriculteurs. L'infestation des plantes par ce virus n'assure pas une production capable de garantir la conservation de semences pour les années qui suivent et accélère la disparition de ces cultivars locaux.

4. CONCLUSION

Même si cette collection reste non représentative de la diversité de melon en Tunisie, l'étude de la résistance de 23 accessions au *Fusarium*, à l'Oïdium et au CMV nous a permis de faire une première évaluation sur un matériel collecté à partir des différents agrosystèmes en Tunisie.

La présence des formes de résistance à la race 1 de *Fusarium* et à quelques races d'*Oïdium* (espèce ...) peut être une voie qui mérite d'être encore prospectée afin de pouvoir exploiter ces formes de résistance dans des programmes d'amélioration et de sélection. Dans ces programmes, la recherche d'autres formes de résistance aux maladies doit être abordée.

Face aux objectifs multiples de la sélection de melon, ces ressources restent d'un intérêt majeur à la Tunisie pour bien mener des travaux de sélection et d'amélioration.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Besombes D. et Giovinazzo N., (2005). Test de résistance du melon à l'*Oïdium* sur disque de feuilles. In : Le cahier des techniques de l'INRA : Méthodes d'appréciation du comportement variétal vis-à-vis des bioagresseurs. Edt. INRA. Paris. Pp153-156.
- Blancard D., Lecoq H. et Pitrat M., (1991). Maladies des cucurbitacées. Observer, Identifier, lutter. INRA-Paris-301p.
- Bradin M., (1996). Diversité phénotypique et génétique des *Oïdiums* des cucurbitacées, *Sphaerotheca Fuliginea* et *Erysiphe Cichoracearum*. Thèse de doctorat, spécialité phytopathologie. Université CLAUDE BERNARD – LYON I. p 161.
- Ekbic E., Fidan H., Yildiz M. et Abak K., (2010). Screening of Turkish Melon Accessions for Resistance to ZYMV, WMV and CMV. Not Sci Biol 2 (1) 2010, 55-57.
- Elbekkay M., Hamza H., Haddad M., Ferchichi A. et Kik C., (2008). Genetic erosion in melon (*cucumis melo*): a case study from Tunisia. In Cucurbitaceae 2008, Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of cucurbitaceae (Pitrat M, ed), INRA, Avignon (France), May 21-24th, 2008. 295-300.
- Elmahjoub M., (1985). Susceptibilité variétale de melon à la *Fusarium* vasculaire, approche biochimique et ultrastructurale. Thèse de doctorat en science naturelles. Faculté des sciences et techniques, Université de Bretagne Occidentale. 171p.
- FAOSTAT, (2008). Statistics Database. On Internet <http://apps.fao.org>
- Ferriere H., Molot P. M., (2008). Sensibilité du melon à *Sphaerotheca fuliginea* en fonction de l'étage foliaire. Journal of Phytopathology, Volume 121 Issue 3, Pages 250 – 254.
- Harzig J. et Dubon G., (1995). La modélisation s'accélère. In : Melon haute définition. L'écho des M.I.N., fruits et Légumes, T.P.R. (Eds.), Agen, France, pp. 4-10.
- Lemaire J.-M., Beraud J., Ginoux G., Conus M., Ferriere H., Nicolas R. et MAS P., (1998). L'oïdium du melon : Certaines pratiques culturales influencent le développement des épidémies. Phytoma, la défense des végétaux. N° 501, pp. 42-46.
- Loumerem M., Moussa M. et Bellachheb C., (2004). La collecte et l'étude de la diversité génétique des espèces cultivées aux aménagements hydrauliques dans les régions arides tunisiennes. Revue des Régions Arides ns: 78-87
- Louvét J. et Lemaitre C., (1961). L'utilisation des melons greffés pour lutter contre la Fusariose. Rev. Hort., 2239, pp 8-10.
- Paris H.S. et Janick J., (2008). What the Roman emperor Tiberius grew in his greenhouses. In: Cucurbitaceae 2008. Proceedings of the IXth EUCARPIA meeting on genetics and breeding of Cucurbitaceae (Pitrat M., Ed), INRA, Avignon (France), May 21-24th, 2008. P.p: 33-41.
- Pitrat M., (2004). Melons, concombres et pastèques. In Histoires de légumes : Des origines à l'orée du XXIe siècle. Ed. Foury C. et Pitrat M., 2004. Editeur : Quae (8 janvier 2004).P.p.291-303.
- Pitrat M., Chauvet M. et Foury C., (1999). Diversity, history and production of cultivated cucurbits. Acta Hort. 492:21-28.
- Tomason Y. et Gibson P.T., (2006). Fungal characteristics and varietal reactions of powdery mildew species on cucurbits in the steppes of Ukraine. Agronomy research 4(2), 549-562, 2006.
- Yakoubi S., Desbiez C., Fakhfakh H., Wipf-scheibel C., Marrakchi M. and Lecoq H., (2008). Occurrence of Cucurbit Yellow Stunting Disorder Virus and cucumber vein yellowing virus in Tunisia. Journal of Plant Pathology 89 (3), 417-420.

Comparison of chemical composition and bio-insecticidal activity of three *Chrysanthemum* species essential oils on *Tribolium confusum* Du Val (Coleoptera: Tenebrionidae)

*Haouas Dalila^(1,2), M. Ben Halima-Kamel Monia⁽²⁾, Cioni Pier Luigi³, Flamini Guido³, Ben Hamouda Mohamed Habib⁽²⁾

⁽¹⁾Unité de recherche : Lutte contre les stress biotiques et abiotiques des grandes cultures (Céréales et Légumineuses), Ecole Supérieure d'Agriculture du Kef, Université de Jendouba, 7119, Le Kef, Tunisie

⁽²⁾Institut Supérieur Agronomique de Chott Mariem, Université de Sousse, 4042 Sousse, Tunisia

⁽³⁾Dipartimento di Scienze Farmaceutiche, Sede Chimica Bioorganica e Biofarmacia, Università di Pisa, Via Bonanno 33, 56126 Pisa, Italy

*Email: dalila_haouas@yahoo.fr

SUMMARY

In traditional agriculture, plant extracts were the most effective source to protect the food, but by the nineteenth century this practice was gradually replaced by synthetic products. However, those products are expensive and induce the insect resistance, so researches are oriented to study the insecticidal activity of plant extracts aimed to isolate active (s) compound(s). In this work we studied the insecticidal activity of essential oils of three *Chrysanthemum* species against *Tribolium confusum*. Three methods are used, such as ingestion, topical application against adults and nymphs and fumigation against adults. The results analysis showed that ingestion of artificial medium treated by essential oils causes a decrease in larvae consumption and we noticed that *C. macrotum* essential oil was the most antifeedant one. In addition this oil caused significant mortality (68 %) in treated larvae. Topical application of essential oils against adults and nymphs beetle showed that *C. macrotum* essential oil is more toxic against adults (44%) than nymphs (28%). The analysis of fumigation results showed that the highest toxicity (48%) was caused by *C. macrotum* essential oil and that so it doesn't exceed 1% in the case of *C. trifurcatum* and *C. fuscatum*. These results highlight that *C. macrotum* essential oil was most effective against *T. confusum*. Chemical analysis of different essential oils showed that *C. macrotum* essential oil was very rich in terpenes, where sesquiterpenes are the most abundant compounds. According these results we have determined the species and the chemical composition of the most toxic essential oil on *T. confusum*. Further study will be very useful to determine the toxic compound (s).

Keywords: Antifeedant, Bio-insecticidal, *Chrysanthemum*, Essential oil, Fumigation, Topical application.

RESUME

En agriculture traditionnelle, les extraits des plantes ont constitué la source la plus efficace pour protéger les denrées alimentaires, mais vers le dix-neuvième siècle cette pratique a été progressivement remplacée par les produits de synthèse. Toutefois, vu leur coût élevé et l'acquisition de résistance des insectes vis-à-vis de ces insecticides, les recherches sont orientées vers l'étude de l'activité insecticide des extraits des plantes dont le but d'isoler le(s) composé(s) actif(s). Au cours de ce travail nous avons étudié l'activité insecticide des huiles essentielles de trois espèces de *Chrysanthemum* contre *Tribolium confusum*. Trois méthodes sont utilisées, tel que l'ingestion, l'application topique contre les adultes et les nymphes et la fumigation contre les adultes. L'analyse des résultats a montré que l'ingestion du milieu artificiel traité par les huiles essentielles entraîne une diminution de l'appétence chez les larves et nous avons remarqué que l'huile essentielle de *C. macrotum* est la plus anti-appétante. En plus cette huile a causé une mortalité significative (68%) chez les larves traitées. L'application topique des huiles essentielles contre les adultes et les nymphes de *tribolium*, a montré que l'huile essentielle de *C. macrotum* est plus toxique contre les adultes (44%) que les nymphes (28%). L'analyse des résultats de la fumigation de ces huiles a mis en évidence une toxicité de 48% causée par l'huile essentielle de *C. macrotum*, alors qu'elle ne dépasse pas 1% dans le cas de *C. trifurcatum* et *C. fuscatum*. Ces résultats mettent en relief que l'huile de *C. macrotum* est la plus efficace contre *T. confusum*. L'analyse de la composition chimique des huiles de différentes espèces a montré que l'huile essentielle de *C. macrotum* est très riche en composés terpéniques dont les sesquiterpènes constituent les composés les plus abondants. Grâce à ces résultats nous avons pu déterminer l'espèce et la composition chimique d'huile essentielle la plus toxique contre *T. confusum*.

Une étude plus approfondie sera très utile pour déterminer le(s) composé (s) responsable(nt) de cette toxicité.

Mots clés : Anti-appétance, Application topique, Bio-insecticide, *Chrysanthemum*, Fumigation, Huile essentielle.

1. INTRODUCTION

One of most crucial steps on grain production is its storage, in particular due to the possibility of pest infestation. This problem definitively impacts the worldwide economy, as the damage related costs from the presence of insect pests in stored foods may reach up to 475 million dollars per year (Domínguez and Marrero, 2010). *Tribolium confusum* (Jacquelin du Val) is one of the important insect pests of stored-products such as cereals, cereal products. While *T. confusum* is regarded as a secondary colonizer because it develops more easily on broken grain kernels, flour or grain already infested by primary colonizers (Amatobi, 2007). Adults and larvae of this specie are serious economic pests that cause quantitative and qualitative losses in tropical and subtropical regions (Rees, 2004). Cereals constitute the most important component in the diet of the majority of the people in the tropics.

The presence of this pest is mainly controlled using insecticides. However, their frequent and repeated use has resulted in resistance, affectation of the ecosystem and toxic effects on humans and other organisms (Kumar *et al.*, 2011). Accordingly, it is a priority to find alternative insecticides, environmentally safe, biodegradable and specific against this insect (Vinayachandra and Chandrashekar, 2011). In order to achieve this goal, essential oils of botanical origin and their major components, often various monoterpenoids have attracted attention in recent years as potential pest control agents due to their insecticidal, repellent and/or antifeedant properties (Stamopoulos, 1991; Shaaya *et al.*, 1997). Essential oils are composed of complex mixtures of monoterpenes (10 carbon atoms often arranged in a ring or cyclic form), biogenetically related phenols, and sesquiterpenes (comprising 15 carbons) obtained from various parts of plants (Hamid *et al.*, 2011), they have been the subject of investigation for the past 20 years in an effort to discover new sources of botanical insecticides, repellents and antifeedants activity (Akhtar and Isman, 2004). Several essential oils have antiparasitical, bactericidal, fungicidal, virucidal and insecticidal properties (Bakkali *et al.*, 2008; Rajendran and Sriranjini, 2008). The essential oils are rich in monoterpenes and cause death of insects by inhibiting acetylcholinesterase activity on nervous system (Houghton *et al.*, 2006). Essential oils of many plant species are insecticidal to stored-product insects (Huang *et al.*, 2000; Negahban and Moharramipour, 2007; Rajendran and Sriranjini, 2008).

The *Chrysanthemum* genus belongs to the Asteraceae family which is very common in Mediterranean basin countries (Quezel and Santa, 1981; Lee *et al.*, 2002). In Tunisia we counted 13 *Chrysanthemum* species distributed in many regions (Pottier-Alapetite, 1981). As part of the research program on the investigation of natural bioactive compounds as insect control agents, the essential oils of *C. macrotum*, *C. trifurcatum* and *C. fuscum* were tested in a series of toxicological (topical application, contact on filter paper and fumigation) and antifeedant experiments in order to determine their effects on the confused flour beetle, *T. confusum*.

2. MATERIAL AND METHODS

2.1. Plant material

Chrysanthemum species were collected from three different regions of Tunisia characterized by different climates (Table 1). Plant identity was confirmed by experts of the Plant Biology Department of the University of Monastir. Voucher specimens were deposited in the National Gene Bank of Tunisia.

Table1. Former and new classification, collection dates and sites, as well as climate of the site where three *Chrysanthemum* species used in this study.

Former classification (Pottier Alapetite 1981)	New classification (Floc'h and Boulos 2008)	Collection date	Collect site	Climate
<i>Chrysanthemum fuscum</i> Desf.	<i>Heteromera fuscata</i> (Desf.) Pomel	April 2007	Gafsa	Arid
<i>C. macrotum</i> (D.R.) Ball.	<i>Coleostephus macrotus</i> (Dur.)	Avril 2007	Zaghouan	Semi-arid
<i>C. trifurcatum</i> (Desf.) Batt. et Trab. var. <i>macrocephalum</i> (Viv) Beg.	<i>Chrysanthoglossum trifurcatum</i> (Desf.)	Mars 2007	Sidi Bouzid	Arid

2.1.1. Essential oil extraction

Essential oils were extracted from fresh flowers by steam distillation using a Clevenger apparatus for 4 h. The essential oils were stored at 4°C.

2.1.2. Chemical analysis

The GC analyses were accomplished with a HP-5890 Series II instrument equipped with HP-WAX and HP-5 capillary columns (30 m x 0.25 mm, 0.25 µm film thickness), working with the following temperature program: 60°C for 10 min, ramp of 5°C min⁻¹ up to 220°C; injector and detector temperatures 250°C; carrier gas nitrogen (2 ml min⁻¹); detector dual FID; split ratio 1:30; injection of 0.5 µl. The identification of the components was performed, for both columns, by comparison of their retention times with those of pure authentic samples and by mean of their linear retention indices (l.r.i.) relative to the series of *n*-hydrocarbons.

GC/EIMS (Electron Impact Ionization Mass Spectrometry) analyses were performed with a Varian CP-3800 gas chromatograph equipped with a HP-5 capillary column (30 m x 0.25 mm, 0.25 mm film thickness) and a Varian Saturn 2000 ion-trap mass detector. Analytical conditions: injector and transfer, line temperatures 220 and 240°C, respectively; oven temperature was programmed from 60 to 240°C at 3°C/min; carrier gas was helium at 1 ml/min; injection volume was 0.2 µl (10% hexane solution); split ratio was 1:30. Identification of the constituents was based on comparison of the retention times with those of authentic samples comparing their linear retention indices (l.r.i.) relative to the series of *n*-hydrocarbons, and on computer matching against commercial (Adams 1995) and home-made library mass spectra built up from pure substances and components of known oils and MS literature data (Adams 1995; Davies 1990; Jennings & Shibamoto, 1980; Massada 1976; Stenhagen et al. 1974; Swigar & Silverstein 1981). Moreover, all the molecular masses of the identified substances were confirmed by GC/CIMS (Chemical Ionization Mass Spectrometry), using MeOH as ionizing gas.

2.2. Insects

Tribolium confusum larvae and adults were obtained from laboratory cultures maintained in the dark in incubators at 30±1°C and 70-80% r.h. The two stages were reared on wheat flour mixed with yeast (10:1, w:w).

2.2.1. antifeedant activity

Flour discs were prepared using a previously described method (Xie *et al.* 1996). The weights of the discs ranged from 35 to 39 mg. Each flour disc was treated with 5 µl of 1% acetone solution of each *Chrysanthemum* species essential oil. Control discs were treated with 5 µl of acetone only. The discs were left at room temperature for 15 min to allow the solvent to evaporate. Prewighted discs were placed in glass vials (5 cm diameter). Each glass vial contained either two non treated discs (control), or two treated discs. Ten group-weighed, 14-days old *T. confusum* larvae were added separately to each vial. The larvae were starved for 24 hours before starting the experiment. Five replicates were prepared. The weights of the flour discs and the number of live insects were determined after 7 days. Using the means of the amount of flour in the control and treated discs consumed by the insects, the percentage feeding deterrence index (FDI) was calculated: FDI (%) = (C - T)/C x 100, where C = consumption of control discs and T = consumption of treated discs. The insect mortality (%) was recorded each seven days during three weeks. The percentage of insect mortality was corrected using Abbott's (1925) formula. Insects were considered death when tactile stimuli elicited no visible normal reaction.

$$Mc = \frac{Mo - Me}{100 - Me} \times 100$$

Mo: Mortality rate of treated adults

Me: Mortality rate of control

Mc: Adjusted mortality rate

2.2.2. Contact toxicity by topical application

A 1% acetone solution of essential oils of each *Chrysanthemum* species was prepared and 1 µl was topically applied to the ventral surface of the thoracic segments of the insects with a Hamilton microsyringe. Controls were treated with the solvent alone. After treatment, insects were placed in an incubator into plastic vials containing food. Five replicates of 10 adults were prepared. The mortality

(%) of insects was observed daily, during seven days (Pungitore *et al.*, 2005). The percentage of insect mortality was corrected using Abbott's (1925) formula.

2.2.3. Contact toxicity on filter paper

Filter paper impregnation method was used to examine the contact toxicity. Paper discs (5.0 cm diameter) were impregnated with 100 µl of 1% acetone solution of each essential oil. Acetone only was used as control. The filters were air dried for 15 min. Ten adults of *T. confusum* (10-14 days old) were confined on each filter paper within a glass ring (5 cm diameter, 2.5 cm high). Five replicates were set up for each treatment and control. Insects were exposed to the filter paper treatments for 24 h and then transferred to holding cages containing the culture medium and kept in incubators; the mortality was recorded daily for 7 days (Huang *et al.*, 1997). The percentage of insect mortality was corrected using Abbott's (1925) formula.

2.2.4. Fumigant activity

Filter paper pieces (Whatman No2, 1 x 2.5 cm) were impregnated with 100 µl of 1% acetone solution of each essential oil or with acetone only (control). After allowing the solvent to evaporate for 15 min in the air, each filter paper was placed on the underside of the screw cap of a glass vial (1 cm diameter, 15 cm height). The cap was screwed tightly onto the vial containing ten adults of *T. confusum*. Five replicates were made both for tested oils and control. After 24 h, insects were transferred into new vials containing the culture media (wheat flour/yeast). The mortality (%) of insects was observed at 24 h intervals for 7 days (Huang *et al.*, 1997). The percentage of insect mortality was corrected using Abbott's (1925) formula.

2.3. Statistical analyses

In the whole of our experiment, the essays were repeated 5 times to ensure the reproducibility of the obtained results as well as to make a correct statistical analysis of each treatment in each bioassay. Antifeedant indices, for all the different treatments were compared using analysis of variance (ANOVA) followed by Duncan test for multiple-comparison when significant differences were observed at $p < 0.05$.

The recorded mortality data in ingestion, topical, contact and fumigant toxicity tests were adjusted for mortality in the control using Abbott's formula, then analysed by one-way analysis of variance (ANOVA) and means were compared using Duncan test at $p < 0.05$ through an SPSS v.16.0 software package in Microsoft Windows 7 operating system.

3. RESULTS

3.1. Essential oils composition

The compositions of all the essential oils are reported in Table 2. A total of 164 compounds were identified, accounting from 90.1 to 96.7% of the whole volatiles. The essential oil yield (v/w, volume/fresh weight) was as follows: *C. fuscatum* 0.22%, *C. trifurcatum* 0.73%, *C. macrotum* 0.06%. All the three samples shared a similar qualitative composition, but showed some differences from the quantitative point of view. Substantially, all the essential oils were mainly constituted by mono- and sesquiterpenoids. Nonterpene derivatives varied from 1.1 to 37.8% and were consistently higher in *C. fuscatum* than *C. trifurcatum* and *C. macrotum* (58.6 vs. 38.5 and 4.5% respectively). Monoterpene hydrocarbons were found in higher amounts in the flowers of *C. trifurcatum* (33.6 vs. 20.8 and 3.4% in *C. fuscatum* and *C. macrotum*). Oxygenated monoterpenes were major compounds in *C. fuscatum* (37.8 vs. 4.9 and 1.1% in *C. trifurcatum* and *C. macrotum*, respectively). Sesquiterpene hydrocarbons were present in average amount they varied from 16.0% in *C. macrotum* to 5.4% in *C. trifurcatum*. Oxygenated sesquiterpenes represented the main volatiles in *C. macrotum* essential oil (55.4%) followed by *C. fuscatum* (21.8%) and *C. trifurcatum* (11.3%). The main volatiles were different for the three considered species. In the case of *C. fuscatum*, limonene (12.9%), geranyl isovalerate (9.3%), and yomogi alcohol (9.6%) were the main detected compounds. *C. trifurcatum* flowers essential oil was particularly rich in myrcene (7.1%), limonene (13.5%), n-undecane (13.3%), 1-undecene (16.5%) and T-cadinol (6.1%). while the oil from the flowers of *C. macrotum* mainly contained cubenol (28.3%), T-cadinol (10.5%), α -cadinol (6.5%) and α -humulene (4.3%) (Table 2).

Table 2: Chemical composition of the flowers essential oils of *C. fuscatum*, *C. trifurcatum* and *C. macrotum* and the percentage content of components.

No.	Compound ^a	LRI ^b	<i>C. fuscatum</i>	<i>C. trifurcatum</i>	<i>C. macrotum</i>
			Flowers	Flowers	Flowers
1	(E)-3-hexen-1-ol	855	tr	-	-
2	heptanal	901	tr	-	-
3	santolina triene	910	-	tr	-
4	α -thujene	933	0.3	tr	-
5	α -pinene	941	2.8	3.2	tr
6	camphene	955	0.1	tr	0.1
7	benzaldehyde	963	1.0	-	tr
8	sabinene	978	0.8	1.8	tr
9	β -pinene	981	-	3.9	0.4
10	Trans-isolimonene	985	-	2.9	-
11	6-methyl-5-hepten-2-one	986	-	-	tr
12	myrcene	992	2.2	7.1	0.9
13	yomogi alcohol	999	9.6	-	tr
14	α -phellandrene	1007	-	tr	-
15	α -terpinene	1022	tr	tr	-
16	<i>p</i> -cymene	1028	tr	0.6	tr
17	limonene	1032	12.9	13.5	0.7
18	β -phellandrene	1033	-	-	1.3
19	lavender lactone	1040	3.6	-	-
20	(E)- β -ocimene	1051	1.2	0.2	tr
21	γ -terpinene	1064	0.1	0.2	-
22	1-octanol	1068	tr	-	tr
23	<i>cis</i> -sabinene hydrate	1070	-	tr	-
24	terpinolene	1089	0.4	0.2	-
25	methyl benzoate	1098	tr	tr	-
26	perillene	1100	tr	-	-
27	<i>n</i> -undecane	1100	-	13.3	-
28	1-undecene	1100	-	16.5	-
29	linalool	1101	0.8	-	0.1
30	nonanal	1104	0.4	-	-
31	1-octen-3-yl-acetate	1113	-	0.8	1.3
32	<i>exo</i> -fenchol	1122	-	tr	-
33	<i>cis-p</i> -menth-2-en-1-ol	1123	0.3	0.2	tr
34	<i>trans-p</i> -mentha-2,8-dien-1-ol	1124	tr	0.2	tr
35	(Z)-myroxide	1135	tr	-	-
36	<i>cis</i> -limonene oxide	1137	-	tr	-
37	<i>cis</i> -verbenol	1141	-	-	tr
38	<i>trans</i> -pinocarveol	1141	-	0.2	-
39	(E)-myroxide	1145	tr	-	-
40	<i>trans</i> -verbenol	1145	-	0.2	-
41	Camphene hydrate	1150	-	tr	-
42	isopulegol	1150	0.3	-	-
43	<i>cis</i> -chrysanthanol	1164	tr	-	-
44	borneol	1167	0.3	tr	-
45	pinocarvone	1168	tr	0.2	-
46	3-thujanol	1169	0.9	-	-
47	<i>p</i> -mentha-1,5-dien-8-ol	1170	-	0.2	-
48	4-terpineol	1179	-	1.5	0.1
49	lavandulol	1179	-	-	tr
50	<i>p</i> -cymen-8-ol	1185	-	tr	-
51	cryptone	1186	0.6	-	0.5
52	α -terpineol	1189	0.2	0.6	tr
53	neo-dihydrocarveol	1200	-	0.1	-
54	verbenone	1206	-	tr	-
55	decanal	1206	tr	-	tr
56	<i>trans</i> -piperitol	1212	0.3	0.2	tr
57	<i>trans</i> -carveol	1219	tr	-	-

58	nerol	1227	tr	tr	tr
59	isobornyl formate	1232	-	0.1	-
60	thymol, methyle ether	1235	-	tr	-
61	cumin aldehyde	1241	-	-	tr
62	butanoic acid (Z)-3-methyl-3-hexen-1-yl- ester	1244	-	0.1	tr
63	hexyl-3-methyl butanoate	1245	-	-	tr
64	geraniol	1256	0.7	-	tr
65	(E)-2-decenal	1265	-	0.3	-
66	cis-chrysanthenyl acetate	1265	0.4	-	0.2
67	geranial	1272	-	0.2	-
68	p-menth-1-en-7-al	1276	-	-	tr
69	isobornyl acetate	1286	0.9	0.1	-
70	γ-terpinen-7-al	1291	tr	-	-
71	1-tridecene	1292	-	0.3	-
72	trans-pinocarvyl acetate	1296	-	0.4	-
73	3-thujyl acetate	1297	-	-	0.7
74	n-tridecane	1300	tr	-	-
75	undecanal	1309	tr	--	-
76	cis-pinocarvyl acetate	1312	-	tr	-
77	(E-E)-2,4-decadienal	1317	tr	-	tr
78	myrtenyl acetate	1327	-	0.3	-
79	silphiperfol-5-ene	1329	tr	-	tr
80	trans-carvyl acetate	1335	-	tr	-
81	7-epi-silphiperfol-5-ene	1348	0.2	-	-
82	citronellyl acetate	1353	0.1	-	-
83	neryl acetate	1362	-	tr	-
84	cis-carvyl acetate	1368	-	tr	-
85	α-copaene	1377	0.8	0.6	0.6
86	β-maaliene	1382	0.4	-	-
87	β-cubebene	1388	0.7	tr	0.2
88	n-tetradecane	1399	tr	tr	tr
89	α-cedrene	1417	tr	-	-
90	β-caryophyllene	1420	3.5	0.2	2.5
91	β-cedrene	1421	0.1	-	-
92	β-gurjunene	1432	0.1	-	0.1
93	trans-α-bergamotene	1434	tr	tr	-
94	aromadenrene	1440	-	tr	-
95	epi-β-santalene	1448	tr	-	-
96	(E)-geranyl acetone	1454	tr	-	0.2
97	α-humulene	1455	1.7	-	4.3
98	(E)-β-farnesene	1460	-	0.8	-
99	allo-aromadendrene	1461	-	0.5	0.7
100	dehydro-aromadendrane	1463	0.5	-	-
101	β-acoradiene	1471	tr	-	-
102	geranyl n-propanoate	1478	0.5	-	-
103	γ-murolene	1480	tr	0.6	0.4
104	germacrene D	1481	2.9	1.2	2.1
105	β-selinene	1487	-	tr	-
106	trans-muurolo-4(14),5-diene	1493	tr	-	2.4
107	bicyclogermacrene	1495	0.3	0.3	-
108	α-murolene	1499	-	0.2	0.5
109	β-bisabolene	1509	-	-	0.1
110	trans-γ-cadinene	1513	tr	0.4	1.1
111	Trans cycloisolongifol-5-ol	1514	-	tr	-
112	geranyl isobutyrate	1515	2.2	-	-
113	cubenol	1515	-	0.1	-
114	δ-cadinene	1524	1.0	0.5	0.6
115	(E)-γ-bisabolene	1531	-	tr	-
116	α-cadinene	1538	-	-	0.2
117	Cis-calamenene	1540	-	-	0.2

118	α -calacorene	1542	-	-	tr
119	(E)-nerolidol	1563	0.2	-	0.5
120	geranyl n-butyrate	1564	0.4	-	-
121	ledol	1467	-	-	0.3
122	trans-longipinanol	1569	0.5	-	-
123	(Z)-3-hexenyl benzoate	1572	-	-	0.3
124	spathulenol	1577	0.3	0.7	1.5
125	caryophyllene oxide	1582	3.6	tr	2.2
126	globulol	1585	0.4	0.6	0.6
127	viridiflorol	1593	-	0.2	0.4
128	geranyl-2-methyl butanoate	1601	7.0	0.2	-
129	geranyl-isovalerate	1607	9.3	-	-
130	β -oplophenone	1608	-	-	0.3
131	humulene epoxide II	1608	2.5	-	0.3
132	trans-arctannuic alcohol	1613	3.8	-	-
133	1,10-di- <i>epi</i> -cubenol	1615	-	0.2	0.9
134	1- <i>epi</i> -cubenol	1629	0.3	tr	0.3
135	α -acorenol	1633	0.3	0.3	-
136	β -acorenol	1637	0.9	-	-
137	caryophylla-4(14),8(15)-dien-5-ol	1640	-	-	0.3
138	T-cadinol	1642	-	6.1	10.5
139	cubenol	1647	-	-	28.3
140	α -muurolol	1647	5.5	-	-
141	β -eudesmol	1651	-	2.9	-
142	himachalol	1654	0.2	-	-
143	α -cadinol	1655	1.6	-	6.5
144	valeranone	1675	0.7	-	-
145	(Z)- α -santalool	1675	-	0.3	-
146	elemol acetate	1681	-	tr	-
147	cis-14-nor-muurol-5-en-4-one	1689	-	-	1.0
148	2-pentadecanone	1695	-	-	0.6
149	pentadecanal	1717	0.3	-	-
150	(E,E)-farnésol	1725	0.5	-	-
151	(E,Z)-farnesol	1746	0.5	-	-
152	benzyl benzoate	1760	0.1	tr	-
153	14-hydroxy- δ -cadinene	1804	-	-	0.4
154	α -chenopodiol	1857	-	-	1.1
155	benzyl salicylate	1866	-	-	0.1
156	n-nonadecane	1900	-	0.1	-
157	methyl hexadecanoate	1922	tr	-	-
158	n-hexadecanoic acid	1940	-	-	0.7
159	methyl linoleate	2096	tr	-	-
160	n-heineicosane	2100	tr	0.3	0.2
161	n-docosane	2200	-	tr	tr
162	n-tricosane	2300	0.7	1.1	4.4
163	n-tetracosane	2400	0.3	1.4	0.5
164	n-pentacosane	2500	0.7	0.9	5.4
Total identified		96.7	90.3	90.1	
Monoterpene hydrocarbons		20.8	33.6	3.4	
Oxygenated monoterpenes		37.8	4.9	1.1	
Sesquiterpene hydrocarbons		12.2	5.4	16.0	
Oxygenated sesquiterpenes		21.8	11.3	55.4	
Non-terpene hydrocarbons		1.7	33.9	10.5	
Oxygenated non-terpenes		2.4	1.2	3.7	

^a Compounds listed in order of elution.

^b RI retention index: measured relative to n-alkane under conditions listed in the experimental section.

tr = traces < 0.1.

3.2. Antifeedant activity and mortality

All the essential oils of the three *Chrysanthemum* species had negative effects on feeding index of *T. confusum* larvae. Statistical analysis showed that the oil obtained from *C. macrotum* has a significant ($p < 0.05$) antifeedant effect (59.99%) on *T. confusum* larvae (Table 3). Mortality of *T. confusum* larvae was affected by exposure duration and the essential oil origin. Seven days after consumption of flour discs treated with the flowers essential oil of *C. trifurcatum*, larvae showed statistically significant ($p < 0.05$) mortality (37%) (Fig. 1). At the same time we remark that essential oil extracted from flowers of *C. fuscatum* caused the lowest mortality and attends -6% after mortality correction using Abbott's formula (Fig. 1). In the second week we noted that essential oil of *C. macrotum* and *C. trifurcatum* affect significantly ($p < 0.05$) insect survey and recorded an insect mortality of 50 and 40% respectively (Fig. 1). After three weeks of treatment larvae nourished on flour discs treated with essential oil from *C. macrotum* leaves present the highest mortality (54%) (Fig. 1).

Table 3. Variation of feeding deterrence index (FDI) of *T. confusum* larvae treated during 7 days with three *Chrysanthemum* species essential oil at 1%

Species	organ	FDI (%)
<i>C. fuscatum</i>	Flower	25.10±7.0 ^c
<i>C. macrotum</i>	flower	59.99±26.78 ^a
<i>C. trifurcatum</i>	Flower	35.55±18.73 ^b

† Means in the same column followed by the same letters are not significantly ($P < 0.05$) different as determined by Duncan's test.

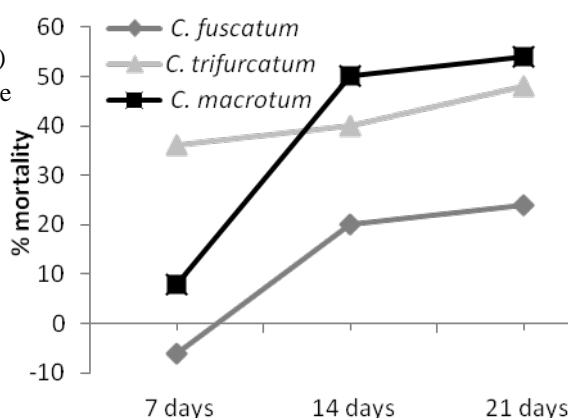


Figure 1. *T. confusum* larval toxicity after consumption of treated disks with essential oil of three *Chrysanthemum* species at concentration of 1%*

*Values were adjusted for control mortality using Abbott's correction (Abbott 1925).

3.3. Contact toxicity by topical application

T. confusum adults (10-14 days old) and nymphs (less 24 h old) were treated with topical applications of essential oils at 1% and then daily followed-up for toxicity for seven days. The Results showed that essential oil from *C. macrotum* determined the highest significant ($p < 0.05$) mortality of treated adults (44%) (Fig. 2a). No significant differences were observed between *C. trifurcatum* and *C. fuscatum* essential oils (16 and 13% respectively). Concerning the application of essential oils on nymphs we notice a low toxicity on this insect stage and we recorded a mortality of 20% registered with *C. trifurcatum* essential oil after seven days of treatment (Figure 2b).

3.4. Fumigant activity

Results from fumigation tests showed that after seven days, a significant mortality (48%) of *T. confusum* caused by essential oil from *C. macrotum* flowers. we remark that the effect of this oil on insects survey started from the fourth day with a mortality of 7%, which increase brusquely to attend 37% at the fifth day (Fig. 1c). We noted also, that essential oil from *C. fuscatum* flowers didn't cause any mortality on *T. confusum* during seven days (Fig. 2c).

3.5. Contact toxicity on filter paper

Figure 2d showed the percentage mortality of *T. confusum* adults after exposure to different essential oils on filter paper discs. Adult mortality was essential oils depending with no significant differences observed between them (Fig. 2d). we remark that adult mortality level in this tests didn't overtake 6% enregistred for the essential oil from *C. macrotum* flowers (Fig. 2d). We noted that the effect of

essential oils start after three days of treatment with the essential oil of *C. trifurcatum* (1%) and *C. macrotum* (3%) (Fig. 2d).

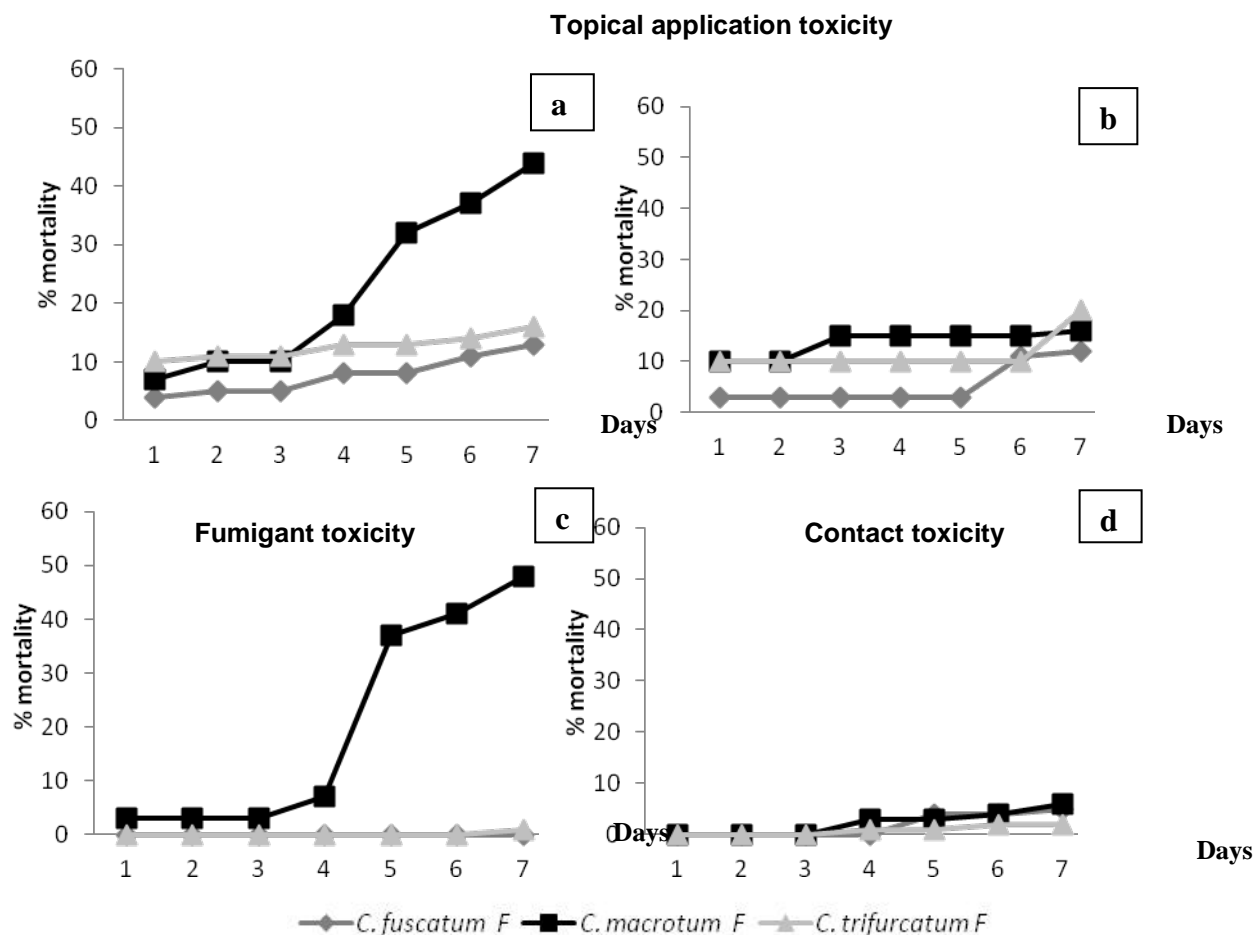


Figure 2. Mortality (%) of treated *T. confusum* adults (a, c, d) and nymph (b) topical application, contact toxicity, and fumigant toxicity with essential oil of three *Chrysanthemum* species at concentration of 1%*.

*Values were adjusted for control mortality using Abbott's correction (Abbott 1925).

4. DISCUSSION

In this work, we have study the chemical composition and insecticidal activity of three *Chrysanthemum* species applied as oils against *T. confusum*. According to our findings these three species presented a similar qualitative composition but a very different distribution of the main volatiles of their essential oils that permitted to characterize each species. The variability of the composition of the essential oils obtained from those species didn't studied with other authors, but in other study reported by Haouas *et al.*, 2012 highlights a similar qualitative composition with very different distribution of the main volatiles compounds between *C. fuscatum*, *C. macrotum* and *C. trifurcatum*.

Regarding the bio-activity of the essential oils tested in the present study, until to date, no published data were available on the insecticidal activity of *C. trifurcatum* and *C. macrotum* essential oils against *T. confusum*. Our experiments on the effect of *Chrysanthemum* essential oils on feeding deterrent index showed high effect of *C. macrotum* on this parameter. In fact, chemical study highlights their richness on oxygenated sesquiterpenes (55.4%) especially cubenol (28.3%) and T-cadinol (10.5%). According to these results, feeding deterrence can be attributed to those compounds. Synergistic interactions may also exist between major and/or minor components in *Chrysanthemum* essential oil. On this purpose Nenaah (2011) reported that binary mixture combinations of (α -chaconine + α -solanine), (α -chaconine + α -tomatine), and (α -solanine + α -tomatine) increased toxicity of *Tribolium castaneum* and *Sitophilus oryzae*. We also notice that essential oil from *C. fuscatum* is particularly rich

in limonene (20.6%) which is, according to Stamopoulos *et al.* (2007), one of the most toxic compounds for all stages of *T. confusum*, in particularly for larvae stage.

In contact method, monoterpenes seem to be very important for the insecticidal activity of the essential oil (Coats *et al.*, 1991; Regnault-Roger and Hamraoui, 1995; Ahn *et al.*, 1998). Their high lipophilicity permits them to rapidly penetrate into insects and interfere with their physiological functions (Lee *et al.*, 2002). In our study we demonstrated that *C. macrotum* flowers essential oil had a lethal effect on *T. confusum* when they are topically applied. We remark that this toxicity was more important for adults than nymphs. This result can be explained by the physiological activity of adults that was more important than nymphs.

Concerning the bioassays conducted with fumigant and contact toxicity on filter paper, we recorded high mortality (48%) with fumigant test against 6% with contact test on filter paper. These results could be explained by the sensibility of target system (respiratory or sensorial). Due to their high volatility, essential oils have fumigant and gaseous action and might be of importance for stored-product insects (Ahn *et al.*, 1998). In our study we have demonstrated that essential oil extracted from *C. macrotum* flowers was the active one on *T. confusum*. This toxicity can be attributed to the octopaminergic nervous system of insects (Enan, 2001) or to some monoterpenes that may inhibit cytochrome P450-dependent monooxygenases (De-Oliveira *et al.*, 1997).

Though these findings we noted that *C. macrotum* flowers essential oil was the most active one with different tests. In another work reported by Haouas *et al.*, (2011) showed the insecticidal activity of brut extract from this specie against *Spodoptera littoralis* and chemical analyses led to the isolation of a spiroketol enol ether compound that was responsible for the toxicity.

In conclusion, the present study improves the knowledge about the composition and the main constituents of the essential oils of *C. macrotum*, *C. fuscatum* and *C. trifurcatum*. Our data, compared with those reported in literature, confirm that the essential oils could have different chemical contents. Investigation on insecticidal activity against *T. confusum* established that each essential oil act differently according to the nature of attributed test.

Acknowledgments

We are grateful to the International Foundation for Science (IFS grant N°. F/3968-1) and to the Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons (OPCW) for financial support. We thank also, Dr. Fethia Skhiri-Harzallah for her help in *Chrysanthemum* identification species.

REFERENCES

- Abbott WS. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. Journal of Economic Entomology, **18**, 265–267.
- Adams RP. (1995). Identification of essential oil components by gas chromatography mass spectroscopy. Carol Stream, Illinois: Allured Publication Corp.
- Ahn YI, Lee SB, Lee HS, Kim GH. (1998). Insecticidal and acaricidal activity of carvacrol and (-)-thujaplicine derived from *Thujopsis dolabrata* var. *hondai* sawdust. Journal of Chemical Ecology, **24**, 1–90.
- Akhtar Y, Isman MB. (2004). Comparative growth inhibitory and antifeedant effects of plant extracts and pure allelochemicals on four phytophagous insect species. Journal of Applied Entomology, **128**, 32–38.
- Amatobi CI. (2007). Arthropods pests of Crops in Nigeria: General Biology, Natural Enemies and control. pp 190–192.
- Bakkali F, Averbeck S, Averbeck D, Idaomar M. (2008). Biological effects of essential oils- a review. Food and Chemical Toxicology, **46**, 446–475.
- Coats JR, Karr LL, Drewes CD. (1991). Toxicity and neurotoxic effects of monoterpenoids in insects and earthworms. in Naturally Occurring Pest Bioregulators, Ed. PA Hedin. ACS Symposium Series No. 449. American Chemical Society, Washington, DC. pp 305–316.
- Davies NW. (1990). Gas chromatographic retention indices of monoterpenes and sesquiterpenes on methyl silicone and carbowax 20 M phases. Journal of Chromatography, **503**, 1–24.
- De-Oliveira AC, Ribeiro-Pinto LF, Paumgartten JR. (1997). In vitro inhibition of CYP2B1 monooxygenase by myrcene and other monoterpenoid compounds. Toxicological Letters, **92**, 39–46.

- Enan E. (2001). Insecticidal activity of essential oils: octopaminergic sites of action. Comparative Biochemistry and Physiology, **130**, 325-327.
- Domínguez, J., Marrero, L., (2010). Catálogo de la entomofauna asociada a almacenes de alimentos en la provincia de matanzas. Fitosanidad, **14**, 75-82.
- Floc'h E, Boulos L. (2008). Flore de Tunisie. Catalogue synonymique commenté. Montpellier France.
- Hamid AA, Aiyelaagbe OO, Usman LA. (2011). Essential oils: its medicinal and pharmacological uses. International Journal of Current Research, **33**, 086-098.
- Haouas D, Cioni PL, Ben Halima-Kamel M, Flamini G, and Ben Hamouda MH. (2012). Chemical composition and bioactivity of three *Chrysanthemum* essential oils against *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae). Journal of pest Science, **85**, 367–379.
- Haouas D, Flamini G, Ben Halima-Kamel M & Ben Hamouda MH. (2011). Identification of an insecticidal polyacetylene derivative from *Chrysanthemum macrotum* leaves. Industrial Crops and Products, **34**, 1128-1134.
- Houghton PJ, Ren Y, Howes MJ. (2006). Acetylcholinesterase inhibitors from plants and fungi. Natural Product Reports, **23**, 181-199.
- Huang H, Lam SL, Ho SH. (2000). Bioactivities of essential oil from *Elletaria cardamomum* (L.) Maton. to *Sitophilus zeamais* Motschulsky and *Tribolium castaneum* (Herbst). Journal of Stored Products Research, **36**, 107-117.
- Huang Y, Tan JMWL, Kini RM, Ho SH. 1997. Toxic and antifeedant action of nutmeg oil against *Tribolium castaneum* (Herbst) and *Sitophilus zeamais* Motsch. Journal of Stored Products Research, **33**, 289-298.
- Jennings W, Shibamoto T. (1980). Qualitative analysis of flavor and fragrance volatiles by glass capillary chromatography. Academic Press, New York
- Kumar P, Mishra S, Malik A, Satya S. (2011). Repellent, larvicidal and pupicidal properties of essential oils and their formulations against the housefly, *Musca domestica*. Medical and Veterinary Entomology, **25**, 302-310.
- Lee, KD, Yang MS, Ha TJ, Park KM, Park KH. (2002). Isolation and identification of dihydrochrysanolide and its 1-epimer from *Chrysanthemum coronarium* L. Bioscience, Biotechnology and Biochemistry, **66** (4), 862-865.
- Massada Y. 1976. Analysis of essential oils by gas chromatography and mass spectrometry. John Wiley & Sons, New York.
- Negahban M, Moharramipour S, Sefidkon F. (2007). Fumigant toxicity of essential oils from *Artemisia sieberi* Besser against three stored-product insects. Journal of Stored Products Research, **43**, 123-128.
- Pottier-Alapetite G. (1981). La flore de la Tunisie: Angiosperme-Dicotylédones Gamopétales. Ed. Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique et le Ministère de l'Agriculture, Tunis, pp 939–1007.
- Pungitore CR, Garcia M, Gianello JC, Sosa ME, Tonn CE. (2005). Insecticidal and antifeedant effects of *Junellia aspera* (Verbenaceae) triterpenes and derivatives on *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Journal of Stored Products Research, **41**, 433-443.
- Quezel P, Santa S. (1981). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales, Tome II, ed. centre national de la recherche scientifique.
- Rajendran S, Sriranjini V. (2008). Plant products as fumigants for stored-product insect control. Journal of Stored Products Research, **44**, 126-135.
- Rees D. (2004). Insects of Stored Products. CSIRO Publishing, Collingwood, Australia. 181p.
- Regnault-Roger C, Hamraoui A. (1995). Fumigant toxic activity and reproductive inhibition induced by monoterpenes on *Aeanthoseelides obteetus* (Say) (Coleoptera), a bruchid of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Journal of Stored Product Research, **31**, 291-299.
- Shaaya E, Kostjukovsky M, Eilberg J, Sukprakarn C. (1997). Plant oils as fumigants and contact insecticides for the control of stored-product insects. Journal of Stored Products Research, **33**, 7-15.
- Stamopoulos DC, Damos P, Karagianidou G (2007) Bioactivity of five monoterpenoid vapours to *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptera: Tenebrionidae). J Stored Prod Res 43:571–577.

- Stamopoulos DC. (1991). Effects of four essential oil vapours on the oviposition and fecundity of *Acanthoscelides obtectus* (Say) (Coleoptera: Bruchidae): laboratory evaluation. *Journal of Stored Products Research*, **27**, 199-203.
- Vinayachandra SR, Chandrashekar KR. (2011). Larvicidal activities of *Knema attenuata* (Hook. f. & Thomson) Warb. (Myristicaceae) extracts against *Aedes albopictus* Skuse and *Anopheles stephensi* Liston. *Parasitology Research*, **109**, 1671-1676.
- Xie YS, Bodnaryk RP, Fields PG. (1996). A rapid and simple flour disk bioassay for testing natural substances active against stored-product insects. *Canadian Entomologist*, **128**, 865-875.

Rôle de la pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* dans la lutte contre les ravageurs des plantes en zone aride à Biskra (Algérie)

Ahmed TAIBI*, Salaheddine DOUMANDJI**

*Département d'Agronomie, Faculté SNV/STU, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen, Algérie

**Département de zoologie, Ecole National Supérieur Agronomique, El Harrach, Alger, Algérie.

Correspondance : Ahmed TAIBI (e_coli1982@yahoo.fr)

RESUME

L'étude du régime alimentaire de la pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* est effectuée par la méthode d'exploitation des pelotes de rejection et l'analyse de son contenu au laboratoire. La présente recherche est effectuée dans l'oasis de Sidi Okba qui se situe à 20 km au sud de Biskra (34° 45' N. ; 5° 53' E). Elle fait partie d'une zone agricole caractérisée par des parcelles de Fabacées, délimitées par de jeunes *Phoenix dactylifera*. La pie-grièche méridionale est attirée par les palmiers dattiers et les poteaux électriques qu'elle utilise comme perchoirs. *Sepidium* sp. apparaît le plus fréquent en hiver, *Bothynoderes* sp. au printemps et *Cataglyphis bicolor* en été et en automne. Les valeurs de la richesse totale (S) des proies ingérées par *Lanius meridionalis* sont en automne presque le double de celle enregistrée au printemps. Les insectes occupent une part importante dans le menu trophique des deux sous-espèces de la pie-grièche méridionale en Algérie avec un taux assez proches de 90 %. L'indice de diversité de Shannon-Weaver est élevé durant les différentes stations en fonction des saisons. Pour ce qui est de l'équitabilité, ces valeurs tendent vers 1.

Mots clés: Biskra, *Lanius meridionalis*, *Phoenix dactylifera*, Pie-grièche, Régime alimentaire.

SUMMARY

The study of the diet of the southern shrike *Lanius meridionalis* is realised by the method of using pellets of rejection and analysis of its contents in the laboratory. This research is performed in the oasis of Sidi Okba which is 20 km south of Biskra (34 ° 45' N. , 5 ° 53' E.). It is part of an agricultural area characterized by patches of Fabaceae, delimited by young *Phoenix dactylifera*. The southern grey shrike is drawn by palm trees and utility poles that used as perches. *Sepidium* sp. appears most frequently in winter, *Bothynoderes* sp. spring and *Cataglyphis bicolor* summer and autumn. The values of total wealth (S) prey are ingested by *Lanius meridionalis* fall almost double that recorded in the spring. Insects are an important part in the food menu of two subspecies of the southern grey shrike in Algeria with a fairly similar rate of 90 %. The diversity index of Shannon -Weaver is high during the different stations depending on the season. In terms of fairness, these values tend to 1.

Key words: Biskra, *Lanius meridionalis*, *Phoenix dactylifera*, Shrike, Diet.

1. INTRODUCTION

Nombreux sont les ravageurs des cultures au champ comme dans les lieux de stockage. La lutte à entreprendre contre eux présente plusieurs facettes, en ce sens qu'il existe plusieurs types de moyens à opposer aux déprédateurs. Dans ce contexte il faudra tenir compte des auxiliaires parasites et prédateurs des espèces nuisibles. Précisément la présente étude porte sur l'une de ces espèces auxiliaires : la Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* (Linné, 1758). Plusieurs auteurs séparent la pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* d'une autre espèce la Pie-grièche grise *Lanius excubitor* qui a été largement confondue par le passé (Isenmann & Bouchet, 1993 ; Lefranc & Isenmann, 1994 ; Lefranc & Worfolk, 1997 ; Gonzales et al. 2008 et Klassert et al. 2008). Dans le monde, les Laniidae ont fait l'objet de nombreuses études comme ceux de Lefranc (1977; 2004), de Bonaccorsi et Isenmann (1994), de Henry (1998), de Bocca (1999), de Isenmann et al. (2000), de Lepley et al. (2000) et de Padilla et al. (2005). En Algérie, très peu de travaux sont faits dans ce domaine, mis à part ceux qui portent sur la reproduction de la Pie-grièche écorcheur *Lanius senator* Linné, 1758 de Moali et al. (1997) en Kabylie. Sur le régime alimentaire de *Lanius (excubitor) meridionalis* il faut citer seulement les études faites par Taibi et al. (2009 et 2011) en Algérie. Des données générales et ponctuelles sont données dans des ouvrages généraux comme ceux de Heim de Balsac et Mayaud (1962), de Etchecopar et Hue (1964), de Ledant et al. (1981) et de Isenmann et Moali (2000). Notre étude est faite dans le sud de l'Algérie dans la région de Biskra où la sous espèce *Lanius meridionalis elegans* existe.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Présentation de la région d'étude

La région de Biskra se situe à cheval sur l'Atlas saharien et la partie Nord-Est du Sahara (34° 39' à 35° 09' N.; 5° 31' à 6° 23' E.). Elle est limitée au nord par les Gorges d'El Kantara et le Gué de Safa, au sud par les dunes d'Oued Souf, à l'est par les Monts des Nementcha et à l'ouest par les Monts Ouled Nail et par les chaînes accidentées de Ben Ghazal. La température moyenne mensuelle la plus élevée est de 34,8 °C. en juillet 2010. Le mois qui représente la température la plus basse dans la région de Biskra est le mois de janvier avec 12,7 °C. en 2010. La pluviométrie est faible à Biskra en 2010 avec 199 mm seulement.

2.2. Présentation de la station d'étude

Sidi Okba se situe à 20 km au sud de Biskra (34° 45' N. ; 5° 53' E). Elle fait partie d'une zone agricole caractérisée par des parcelles de Fabacées, délimitées par de jeunes *Phoenix dactylifera*. La pie-grièche méridionale est attirée par les palmiers dattiers et les poteaux électriques qu'elle utilise comme perchoirs. La station s'étend sur une superficie de 20 hectares, limités au nord et à l'est par une route à double sens et à l'ouest et au sud par une grande palmeraie (Fig. 1).



Figure 1. Station de Sidi Okba (Biskra, Algérie)

2.3. Méthodologie

Pour déterminer le régime alimentaire d'un animal, plusieurs méthodes sont possibles, entre autres les observations directes pour la détermination du repas journalier et l'examen du contenu du tube digestif après une dissection. Comme solution alternative, l'analyse des pelotes de rejection apparaît plus précise que les deux premières méthodes, et plus élégante puisqu'elle évite le sacrifice de l'animal. Elle consiste au repérage des lieux de perchage, dans le cas présent de la pie-grièche méridionale dans la station de Sidi Okba. Ensuite il est procédé au ramassage des pelotes de rejection trouvées. La récupération des régurgitats se fait lors des sorties par saison en 2010 dans la station de Sidi Okba à Biskra. Chaque pelote est placée séparément dans un cornet en papier portant les mentions de la date et du lieu de ramassage. L'ensemble des régurgitats sont transportés jusqu'au laboratoire à des fins d'analyse. La première étape consiste à une macération par la voie humide alcoolique. C'est de mettre la pelote de rejection dans une boîte de Petri contenant un peu d'alcool chirurgical. Le tout est laissé reposer durant 5 à 10 minutes, temps nécessaire pour que le contenu soit humidifié. La deuxième étape consiste en une trituration de chaque pelote séparément à l'aide d'une pince et d'une pointe métallique. La troisième étape consiste à une Observation à l'aide d'une loupe binoculaire, les éléments sclérotinisés sont rassemblés en différents groupes selon leurs affinités morphologiques et taxinomiques grâce à des pinces entomologiques. La dernière étape est la plus délicate. Elle nécessite beaucoup de temps de réflexion. Ces déterminations sont faites suivant trois étapes dont la première consiste en la détermination de la nature des fragments tels que les têtes, les mandibules, les thorax, les élytres, les fémurs, les tibias, les trochanters, les valves, les cerques et les ensembles de sternites et tergites. Ensuite la reconnaissance est poussée aussi loin que possible jusqu'à l'ordre ou la famille et même jusqu'au genre et exceptionnellement jusqu'à l'espèce. Cette étape est délicate car elle s'appuie sur des clés de détermination et sur les collections d'insectes de l'insectarium. La troisième étape est l'estimation de la taille de chaque individu. L'état intact ou fragmenté des éléments est mentionné. Ce détail sert par la suite pour déterminer l'indice de fragmentation.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Le suivi de *Lanius meridionalis* en 2010 dans la station de Sidi Okba au cours des différentes sorties ont permis la collecte de 75 pelotes et la détermination de 487 individus. Dans l'étude du régime alimentaire de *Lanius meridionalis* en France, Lepley *et al.* (2004) qui ont analysé 257 pelotes de rejection comptent 5.409 proies. Même Balenet *et al.* (2008) font état de 287 pelotes de *Lanius meridionalis* prises en considération en Espagne qui contiennent 4.527 individus.

La richesse totale (S) des proies notées dans les pelotes de la pie-grièche méridionale dans la région de Biskra est de 135 espèces qui fluctuent entre 40 espèces au printemps et 70 en automne. Pour ce qui concerne une autre espèce de Pie-grièche *Lanius collurio*, Nikolov (2002) signale en Bulgarie une richesse de 59 espèces. Dans l'étude de *Lanius meridionalis elegans* dans la région d'Ouargla (Sud de l'Algérie), Ababsa (2005) signale 29 espèces. Apparemment dans les palmeraies dans le Nord Sahara, la richesse est plus faible.

Le type de régime alimentaire de *Lanius meridionalis* au sud montre qu'il est insectivore. Effectivement, dans la région de Biskra les insectes atteignent 91,6 % contre 6,2 % de Vertébrés. Padilla *et al.* (2009) aux Iles Canaries soulignent que le pourcentage des Insecta consommés par *Lanius meridionalis* atteint 70 % des proies alors que celui des Vertébrés est relativement élevé, soit 30 %. Taibiet *et al.* (2009) mentionnent aussi que les Insecta dominent dans le régime trophique de *Lanius meridionalis* avec un taux de 82,7 % pour la sous-espèce *L. m. algeriensis* en Mitidja et 87,5 % pour la sous espèce *L. m. elegans* près d'Ouargla). De même Ababsa et Doumandji (2006) dans le Nord Sahara montrent que *Lanius meridionalis elegans* que les insectes ingérés correspondent à 87,5 % contre 2,9 % pour les Vertébrés.

L'indice de diversité de Shannon Weaver (H') fluctue entre 3,4 bits au printemps et 3,8 bits en automne. Selon Karlsson (2002) dans le régime alimentaire de *Lanius excubitor* dans le sud de la Finlande, les valeurs de l'indice de Shannon-Weaver obtenus varient entre 1,16 et 1,27 bits, diversités beaucoup plus basses que celles notées dans la présente étude. Bendjoudi (2008) souligne que l'indice de diversité de Shannon-Weaver fluctue entre 1,6 bits en janvier et 4,4 bits en mars dans le menu de *Lanius meridionalis algeriensis* à Ramdhanja (Est de la Mitidja), attirant l'attention sur les grandes variations de cette valeur d'un mois à un autre, dues probablement aux conditions thermiques du milieu.

Dans la présente recherche les valeurs de l'équitabilité est proche de 0,9 au cours de toutes les saisons à Sidi Okba probablement parce qu'il y fait beaucoup plus chaud. Dans le nord de l'Algérie, Taibiet *et al.* (2007) soulignent dans les pelotes de *Lanius meridionalis algeriensis* des valeurs allant de 0,82 à 0,86 notamment au printemps.

Dans le présent travail, l'étude de la biomasse relative en fonction des saisons montre que les Vertébrés dominent. Cette remarque confirme celle de Didier (2007) qui montre qu'en France la pie-grièche écorcheur capture des petits vertébrés constituant jusqu'à 50 % de la biomasse alimentaire correspondant à un important apport énergétique.

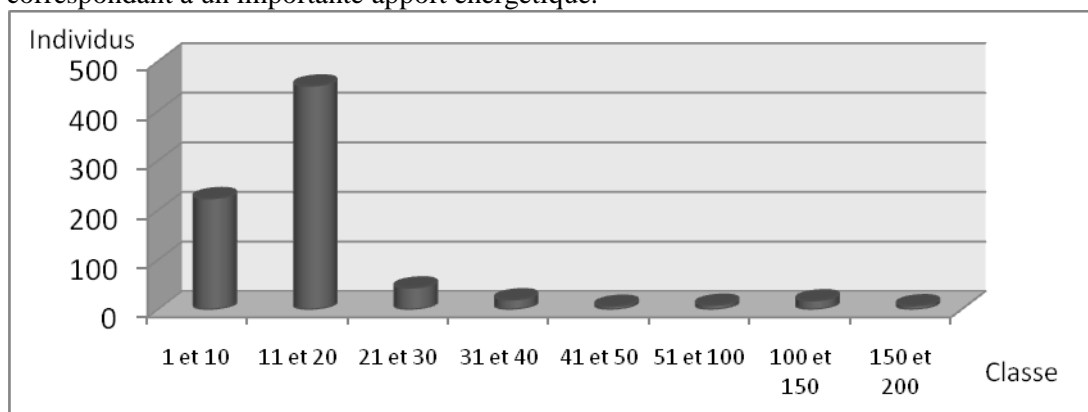


Figure 2. Estimation des tailles des proies de *Lanius meridionalis* à Biskra

L'estimation des tailles des proies de *Lanius meridionalis* montre que les proies qui ont une taille qui varient entre 11 et 20 mm sont les mieux consommées, suivies par ceux entre 1 et 10 mm (Fig. 2). Selon Sandoret *et al.* (2004) dans l'étude de *Lanius senator* en Roumanie les tailles des proies varient entre 8 et 34 mm, avec une moyenne de 14,3 mm. De son côté Hodar (2006) chez la pie-grièche

méridionale souligne dans la station de Garo en Espagne une moyenne des tailles des proies comprises entre 17,7 mm en mars et 22,6 mm en mai et dans la région de Baza, des valeurs moyennes situées entre 13,1 mm en avril et 26,6 mm en août.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Ababsa L, (2005). *Aspect bioécologique de l'avifaune à Hassi Ben Abdellah et à Mekhadma de la cuvette d'Ouargla*. Thèse Magister, Inst. nati. agro., El Harrach, 107 p.
- Ababsa L, Doumandji S, (2006). Aperçu sur le régime alimentaire de la pie-grièche grise *Lanius meridionalis* à Ouargla. *Colloque international, l'Ornithologie algérienne à l'aube du 3^{ème} millénaire*, 11 -13 novembre 2006, Université El Hadj Lakhdar, Batna, p.15.
- Balen SV, Cheke RA, Christidis L, Coates BJ, Ford HA, Gregory PA, Harrap S, Higgins PJ, Jones PJ, Kennedy RS, Lohrl H, Madge SC, Mann CF, Miranda HC, Newton I, Swardt DH, Walter BA, Wilson MG, Woinarski JCZ, Yosef R, (2008). *Handbook of the birds of the world*. Ed. Lynx edicions, Barcelona, Vol. 13, 879 p.
- Bendjoudi D, (2008). *Etude de l'Avifaune de la Mitidja*. Thèse Doctorat, Inst. nati. agro., El Harrach, 255 p.
- Bocca S, (1999). Biologie, habitat et conservation de la pie-grièche grise (*Lanius excubitor*) en Ardenne : suivi de deux populations dans les régions de Bastogne et de Spa. *Aves*, 36 (1-3) : 71-94.
- Bonnacorsi C., Isenmann P, (1994). Biologie de la reproduction et nourriture de la Pie-grièche écorcheur *Lanius collurio* en Corse (France). *Alauda*, 62 (4) : 269 – 274.
- Didier B, (2007). Piquée des insectes: la pie-grièche écorcheur. *Insectes*, 144 (1) : 11-13.
- Etchecopar D, Hue F, (1963). *Les oiseaux du Nord de l'Afrique, de la Mer Rouge aux Canaries*. Ed. Boubéeet Cie, Paris, 606 p.
- Gonzales J, Wink M, Garcia-Del-Ray E, Delgado Castro G, (2008). Evidence from DNA nucleotide sequences and ISSR profiles indicates paraphyly in subspecies of the Southern Grey Shrike (*Lanius meridionalis*). *J. Ornithol.*, 149 : 495-506.
- Heim de Balsac H, Mayaud N, (1962). *Les oiseaux du Nord-Ouest de l'Afrique*. Ed. Lechevalier P., Paris, 485 p.
- Henry PY, (1998). Attaques répétées d'une Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis elegans* envers un sirli du désert *Alaemonax audipes* : Compétition ou kleptoparasitisme ? *Alauda*, 66 (3) : 255–257.
- Hodar J, (2006). Diet composition and prey choice of the Southern grey Shrike *Lanius meridionalis* L. in south-eastern Spain: the importance of vertebrates in the diet. *Ardeola*, 53 (2) : 237–249.
- Isenmann P, Bouchet MA, (1993). L'aire de distribution et le statut taxinomique de la Pie-grièche grise méridionale *Lanius elegans meridionalis*. *Alauda*, 61 : 223-227.
- Isenmann P, Debout G, Lepley M, (2000). La pie-grièche à poitrine rose *Lanius minor* nicheuse à Montpellier (Sud France). *Alauda*, 68 (2) : 123-131.
- Isenmann P, Moali A, (2000). *Oiseaux d'Algérie – Birds of Algeria*. Ed. Société d'études ornithologiques de France, Mus. nati. hist. natu., Paris, 336 p.
- Karlsson S, (2002). Analyses on prey composition of overwintering Great Grey Shrikes *Lanius excubitor* in Southern Finland. *Ornis Fennica*, 79 : 181-189.
- Klassert TE, Hernandez MA, Campos F, Infante O, Almeida T, Suarez NM, Pestano J, Hernandez M, (2008). Mitochondrial DNA point to *Lanius meridionalis* as a polyphyletic species. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 47 : 1227-1231.
- Ledant JP, Jacob JP, Jacobs P, Malher F, Ochando B, Roche J, (1981). Mise à jour de l'avifaune algérienne. *Rev. Le Gerfaut - De Giervalk*, (71) : 295 – 398.
- Lefranc N, (1977). *Contribution à l'écologie de quatre espèces de pie-grièche de l'Europe occidentale*. Thèse Doctorat, Univ. Nancy I, 2^{ème} partie, 179 p.
- Lefranc N, (2004). *La pie-grièche écorcheur*. Ed. Belin-Eveil nature, Paris, 95 p.
- Lefranc N, Worfolk T, (1997). *Shrikes. A guide to the shrikes of the world*. Ed. Pica Press, Mountfield, London, 192 p.
- Lefranc N, Isenmann P, (1994). Le statut taxinomique de la Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* (Temminck, 1820). *Alauda*, 62 (3) : 138.
- Lepley M, Guillaum CLP, Newton A, Thevenot M, (2000). Biologie de reproduction de la pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* en Crau sèche (Bouches-du-Rhône - France). *Alauda*, 68 (1) : 35 – 43.

- Lepley M, Thevenot M, Guillaume CP, Ponel P, Bayle P, (2004). Diet of the nominate Southern Grey Shrike *Lanius meridionalis meridionalis* in the north of its range (Mediterranean France). *Bird Study*, (51) : 156–162.
- Moali A, Ait Sidhoum D, Isenmann P, (1997). Quelques données sur la reproduction de la pie-grièche à tête rousse *Lanius senator* en Algérie. *Alauda*, 65 (2): 205–207.
- Nikolov BP, (2002). Diet of the Red-Backed Shrike *Lanius collurio* in Bulgaria. *Acrocephalus*, 21 (110-111): 21 – 26.
- Padilla DP, Nogales M, Perez AJ, (2005). Seasonal diet of an insular endemic population of Southern Grey Shrike *Lanius meridionalis koenigi* on Tenerife, Canary Islands. *Ornis Fenica*, 82 : 155–165.
- Padilla DP, Gonzalez-Castro A, Nieves C, Nogales M, 2009. Trophic ecology of the Southern Grey Shrike (*Lanius meridionalis*) in insular environment: the influence of altitude and seasonality. *J. Ornithol.*, (150) : 557–568.
- Sandor AD, Maths I, Sima I, (2004). Hunting behaviour and diet of migratory Woodchat Shrikes (*Lanius senator*) in Eastern Romania. *Biological lett.* 41 (2) : 167–173.
- Snow DW, Perrins PM, (1998). The Birds of the Western Palearctic. Vol. VII, Oxford University Press, Oxford.
- Taïbi A, Souttou K, Bendjoudi D, Ababsa L, Doumandji S, (2011). Biomasse relative des proies de la Pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* dans la partie orientale de la Mitidja (Algérie). *Lebanese science journal*, 12 (1) : 3–8.
- Taïbi A, Ababsa L, Bendjoudi D, Doumandji S, Guezoul O, Lepley M, (2009). Régime alimentaire de deux sous-espèces de la pie-grièche méridionale *Lanius meridionalis* au Maghreb. *Alauda*, 77 (4) : 281–285.
- Taïbi A, Bendjoudi D, Doumandji S, Guezoul O, Souttou K, Sekour M, Manaa A, (2007). Premières données sur l'étude de la fragmentation des insectes-proies de la pie-grièche grise *Lanius meridionalis* en Mitidja. *Journées internati. Zool. agri. for.*, 8-10 avril 2007, *Inst. nati. agro.*, El Harrach, p. 87.

Comportement biologique de *Parlatoria blanchardi*, cochenille blanche du palmier dattier vis à vis de trois variétés de palmier dattier dans la région de Biskra

Salim Matallah¹, Mohamed Biche²

¹Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie, Station de recherche de Biskra, BP 27 Ain benoui
07000 Biskra, Algérie. s.matallah@yahoo.fr

²Ecole National Supérieure Agronomique, 16200 El-Harrach, Alger, Algérie. mohbiche@hotmail.com

RESUME

La diversité génétique du palmier dattier en Algérie représentée par plus de mille variétés, peut constituer un moyen important pour la lutte contre ces bioagresseurs. En effet, en plus des travaux réalisés sur la sensibilité variétal du dattier vis-à-vis de la maladie du Bayoud, peut de travaux on été diriger vers l'étude de l'effet des variétés de dattier sur le développement des ces ravageurs. Notre étude réalisée sur trois variété de dattier dans la région de Biskra, a montré que la variété peut influencée le développement d'un des principaux ravageur du dattier, la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi*, en comparant l'évolution des paramètres biologique du ravageur ; taux d'infestation, fécondité des femelles, taille des femelles, taux de mortalités sur trois variétés (Deglet nour , Degla Baida , Ghars).Les résultats on révélés que la variété Degla Baida est la moins sensible à la cochenille alors que la variété Ghars s'est révélée d'une grande sensibilité à l'égard de la diaspine.

Mots clé : *Parlatoria blanchardi*, variétés de palmier dattier, fécondité, taille jeunes femelles, mortalité.

SUMMARY

The aim of this work is to study the biological behavior of white cochineal *Parlatoria blanchardi* Targ. on three varieties of date palms (Deglet Nour Degla Baida and Ghar) in the region of Biskra. Comparison of parameters; numbers of living, population dynamics, fecundity, size of young females and mortality revealed that the mealybug grows best on varieties Ghar and Deglet Nour on the variety Degla Biada, wich has low numbers of living individus, a lower fecundity, smaller size of young females and a high mortality of populations.

Keywords: *Parlatoria blanchardi*, date palm varieties, population dynamics, fecundity, size of young females, mortality.

1. INTRODUCTION

La phoeniciculture, constitue la principale ressource et l'activité agricole la plus importante dans les régions sahariennes. Le palmier dattier de part ses particularités représente non seulement la base de l'agriculture saharienne, mais aussi le moyen essentiel de fixation, de création et de maintien des centres de vie. Le potentiel phoenicicole algérien dépasse les dix sept millions de pieds dont plus de dix millions sont en production est cultivé sur une superficie de 154 372 hectares, en produisant environ 500.000 tonnes par an. La région de Biskra (Ziban) avec ses quatre millions de palmiers est l'un des principaux pôles de la production dattière en Algérie. A Biskra, la culture du palmier dattier est représentée par les palmeraies traditionnelles (anciennes plantations) ainsi que des palmeraies en extension (nouvelles plantations). La cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* TARG est un des principaux ravageurs du palmier dattier, elle est connue depuis fort longtemps dans le sud algérien. Actuellement il n'existe aucune palmeraie dans le pays qui est indemne de l'attaque de cette diaspine qui entrave le développement normal de la plante et qui peut provoquer de sérieux dégâts notamment sur les jeunes palmiers. Notre étude se propose d'étudier le comportement biologique de *P. blanchardi* sur trois variétés de dattier (Deglet Nour, Degla Beida et Ghars) dans la région de Biskra. L'objectif de ce travail est d'approfondir les connaissances sur la relation entre le développement de la cochenille blanche et sa plante hôte à travers l'étude de la dynamique des populations, de la fécondité des femelles, taille des jeunes femelles et de la mortalité des populations du ravageur sur les trois variétés.

2. MATERIELS ET METHODES

L'étude a été réalisée dans une exploitation agricole se trouvant à 5 km à l'est de la ville de Biskra. La parcelle d'étude d'un hectare de superficie contenait 120 palmiers des trois variétés Deglet Nour, Ghars et Degla Baida. Ces derniers sont âgés de presque 34 ans, et subissent les mêmes opérations culturales (irrigation, fertilisation...ect).

Nous avons procédé au suivi des paramètres biologiques de la cochenille blanche à savoir: le développement des populations du ravageur, la fécondité des femelles et la mortalité globale des individus durant une année. Pour cela, nous avons adopté la méthode mise au point par Vasseur et Schvester (1957) in Ouzzani (1997) qui consiste au dénombrement périodiques des populations de la cochenille. Pour notre étude nous avons effectué des échantillonnages bimensuels à partir du mois d'octobre 2006. Ils se sont poursuivis jusqu'au mois de septembre 2007. Au cours de chaque échantillonnage, un choix aléatoire de trois pieds de chaque variété est réalisé. De chaque palmier ainsi sélectionné nous avons effectué des prélèvements de folioles (une foliole par direction cardinale) de la partie médiane des palmes prélevées à partir de la couronne extérieure. Cela permettra l'obtention d'un échantillon moyen de l'arbre. Au total à chaque échantillonnage nous avons prélevées 36 folioles (4 folioles/ palmier x 3 palmiers x 3 variétés), elles ont été mises dans des sachets en papier kraft sur lesquels on mentionne : date, variété, numéro du palmier et l'orientation.

Au laboratoire et sous loupe binoculaire au grossissement 40, on a effectué un dénombrement des individus morts et vivants de *P. blanchardi* sur une surface foliaire de 1cm². Nous comptons: les oeufs, les larves mobiles, les larves fixées, les larves du deuxième stade mâles et femelles, les jeunes femelles, les femelles matures, les pronymphes, les nymphes et les mâles, les boucliers vides sont également pris en considération. Le long de chaque foliole trois lectures de 1cm² ont été effectuées (à la base, au milieu et à l'extrémité de la foliole).

A la fin de chaque comptage les résultats sont reportés dans des tableaux récapitulatifs. Pour évaluer l'influence de la plante hôte sur la taille des femelles, nous avons également effectué des mensurations (longueur, largeur) sur 15 jeunes femelles prélevées sur chacune des variétés de dattier. Elles ont été prélevées et mises entre lame et lamelle en utilisant du liquide de Faure, les mesures ont été prises à l'aide d'un binoculaire à camera intégrée muni d'un logiciel de mensuration et de capture d'images. L'ensemble des résultats obtenus au cours des 12 mois d'expérimentation ont été traités statistiquement par l'utilisation de deux tests statistiques, l'analyse de la variance, le test de Newman-Keuls ainsi que le test T de Student pour la comparaison des moyennes (nombre d'individus vivants, fécondité, mortalité et la taille des jeunes femelles) entre les trois variétés de dattier.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

La comparaison des moyennes de l'effectif vivant du ravageur sur les trois variétés par le biais d'une analyse de la variance montre une différence hautement significative de la moyenne de l'effectif enregistré sur les variétés durant les douze mois de l'expérimentation. En effet, la moyenne la plus élevée est enregistrée sur la variété Ghars avec 170,54 individus suivie de 95,59 individus sur la variété Deglet Nour, la moyenne la plus faible est enregistrée sur la variété Degla Baida avec 20,72 individus (Fig.1).

L'étude de la dynamique des populations de *Parlatoria blanchardi* sur la variété Deglet Nour révèle qu'elle évolue en trois générations annuelles; La génération automnale qui commence le 23 août et s'achève le 8 février avec un arrêt de développement des larves du deuxième stade femelle et des jeunes femelles du 3 au 22 janvier qui dure approximativement 19 jours. La génération printanière commençant à partir du 20 mars et se terminant le 23 juin et la génération estivale qui débute le 23 juin et se termine le 23 août. Sur la variété Degla Baida, le ravageur développe également trois générations, une automnale qui commence le 8 septembre et se termine le 21 février. Un arrêt de développement a été observé durant la période du 3 janvier au 8 février des larves du deuxième stade femelles et des jeunes femelles ainsi que des femelles qui a duré en moyenne 35 jours. La génération printanière débutant le 5 mars et se terminant le 23 juin, et une génération estivale commençant le 23 juin et s'achevant le 8 septembre. Sur la variété Ghars également on a constaté que la dispe se développe en trois générations, une génération automnale qui commence le 8 septembre et se termine le 20 mars. Durant la période du 8 au 21 février on enregistre une diminution sensible de la ponte et du pourcentage des larves des premiers stades et des jeunes femelles ainsi qu'un arrêt de

développement des larves du deuxième stade femelle. Une génération printanière débutant le 20 mars et se terminant le 7 juin, et une génération estivale commençant le 7 juin et s'achevant le 8 septembre. L'analyse statistique des moyennes de la fécondité a montré l'existence d'une différence significative entre les valeurs de la fécondité enregistrée sur les variétés (Fig.2). En effet, les femelles évoluant sur la variété Ghars présentent une fécondité plus élevée (2,48) que celle enregistrée sur la variété Deglet Nour (1,87), quant aux celles fixées sur la variété Degla Baida, elles présentent la fécondité la plus faible (1,65). La taille des jeunes femelles varie d'une variété à une autre. En effet, celles fixées sur la variété Ghars présentent les moyennes les plus élevées avec des valeurs de l'ordre de (1,495 x 0,962 mm), quand aux jeunes femelles évoluant sur la variété Deglet Nour, elles enregistrent des moyennes de (1,184 x 0,872 mm). Les moyennes les plus faibles sont enregistrées sur la variété Degla Baida avec des valeurs de l'ordre de (0,904 x 0,658mm) (Fig.3). La comparaison des moyennes de mensuration par l'utilisation du test statistique t de student montre qu'il existe des différences significatives entre les mensurations des jeunes femelles sur les trois variétés. Les taux de mortalité larvaire marquent des différences hautement significatives entre les trois variétés qui forment statistiquement trois groupes homogènes distincts. Ils enregistrent 54,68%, 63,80% et 79,54% respectivement sur les variétés Ghars, Deglet Nour et Degla Baida. Nous avons de même trouvé des différences significatives entre les taux de mortalité des adultes enregistrés sur les trois variétés. En effet le taux le plus faible est enregistré sur la variété Ghars avec 55,40% suivie de celui de la variété Deglet Nour avec 60,50%, quand à la variété Degla Baida, elle présente le taux le plus élevé avec 74,19% (Fig. 4).

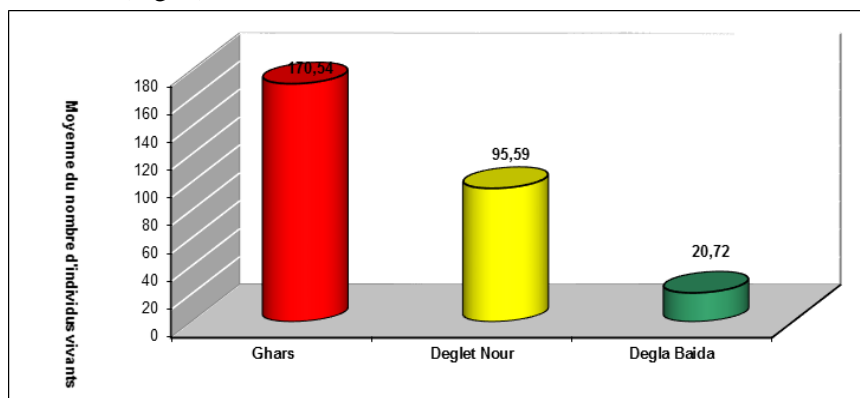


Figure 1. Moyennes du nombre d'individus vivant de *Parlatoria blanchardi* sur les variétés Degla Nour, Degla Baida et Ghars

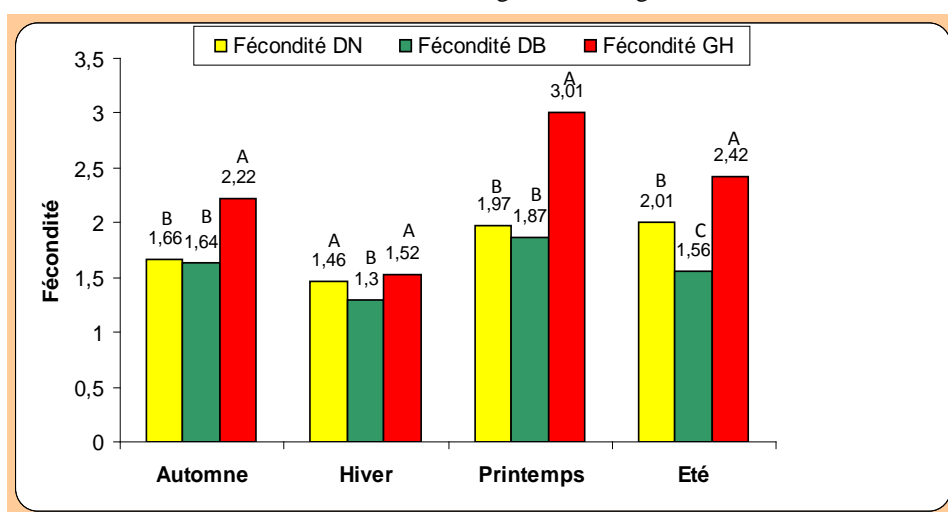


Figure 2. Moyennes de la fécondité des femelles de *P. blanchardi*

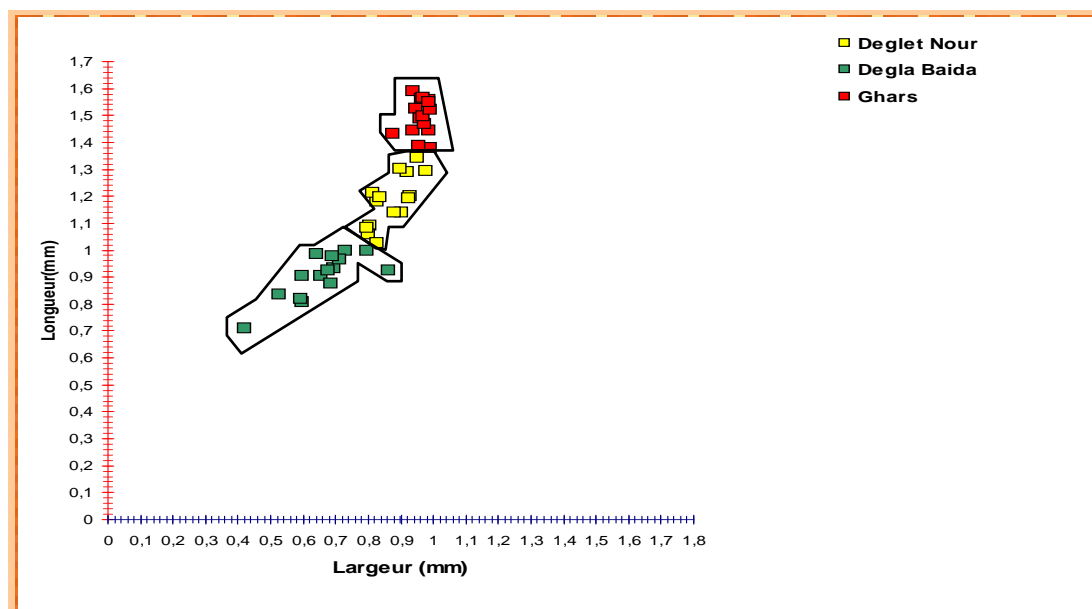


Figure 3. Représentation graphique des mensurations des jeunes femelles de *P. blanchardi* fixées sur les variétés Deglet Nour, Degla Baida et Ghars

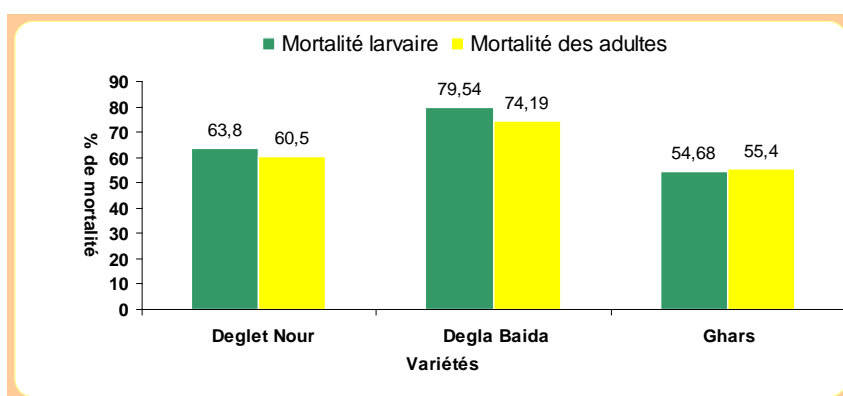


Figure 4. Comparaison de la mortalité des larves et des adultes de *P. blanchardi* sur les trois variétés Deglet Nour, Degla Baida et Ghars

Les différences entre les effectifs d'individus vivant de *P. blanchardi* entre les trois variétés de dattier, est probablement liée à l'effet exercé par la plante hôte (la variété) sur le ravageur. En effet, en 2006 Mehaoua a trouvé dans la même région de notre étude des résultats similaires aux notre; les taux d'infestation par le ravageur varient de la même manière entre les variétés Ghars, Deglet Nour et Degla Baida. Allam (2008) a également trouvé des différences du taux d'infestation par la cochenille blanche entre les trois variétés de dattier (Deglet Nour, Degla Baida et Ghars). dans la région de Touggourt. Divers facteurs tel que le climat, les ennemis naturels et la plante hôte agissent sur la biologie du ravageur et interfèrent entre eux pour moduler l'importance numérique des populations de cochenilles Benassy (1975 in Adda 2006). La relation plantes hôtes- cochenilles est d'ordre nutritionnel. Les plantes hôtes selon l'importance des éléments nutritifs qu'elles disposent ont une grande influence sur le développement des arthropodes piqueurs- suceurs entre autres les diaspiques en modifiant considérablement leur comportement (Saighi, 1998). Mehaoua (2006) a montré qu'il existe une corrélation positive entre les teneurs foliaires en azote, calcium, magnésium et en sucres totaux des trois variétés de dattiers (Deglet Nour, Degla Baida et Ghars) et entre leurs taux d'infestation par *P. blanchardi*. Par ailleurs l'auteur a pu mettre en évidence que le taux d'infestation par la diaspine évolue inversement avec la teneur foliaire en potassium et en eau des trois variétés. D'un autre côté, Cochereau (1965) signale que la qualité de la sève du cocotier influe sur le taux de multiplication et de pullulation de la cochenille diaspine du cocotier *Aspidiotus destructor* Signoret. L'azote et les sucres

sont deux groupes de composés nutritifs jouent un rôle primordial dans la croissance et le développement des insectes phytophages (Kumbasli 2005). Par ailleurs, Chaboussou (1975) a montré que les plantes présentant une teneur élevée de la sève en acides aminés libres et en glucides réducteurs montraient une sensibilité aux cochenilles. Salama *et al.*, (2009) en étudiant les effets de la fertilisation du sol sur les populations de *Parlatoria zizyphi* Lucas et celles de *Icerya purchasi* Mask sur des orangers, ont trouvé que l'augmentation des pourcentages d'azote et de phosphore dans le sol provoquait un accroissement des populations des deux cochenilles. L'augmentation du taux de potassium au niveau des folioles agit positivement la résistance des citruses aux attaques des cochenilles. En effet, les hauts niveaux de potassium restreignent le nombre de générations annuelles des cochenilles (Chaboussou, 1975). D'autre part Mostefa et Boukhors (2004), ont confirmé que la teneur foliaire en potassium agit inversement sur la pullulation de *P. zizyphi* sur citronnier et clémentinier. La variabilité de la fécondité sur les trois variétés est apparemment liée à l'effet de la plante hôte. Les travaux de Tertuliano (1993) sur la cochenille farineuse du manioc *Phenacoccus manihoti* sur sept variétés ont révélé une variabilité de la fécondité en fonction des variétés. En effet, la plante hôte par la qualité des éléments nutritifs qu'elle confère au ravageur influence son comportement biologique. Elle agit sur sa dynamique des populations et son potentiel biotique par la réduction ou l'augmentation de sa durée de développement et sa fécondité (Dreyer & Campbell, 1987). Dans notre cas, nous avons constaté que la fécondité sur la variété Ghars est élevée comparée à celle enregistrée sur les variétés Deglet Nour et Degla Baida. Celle-ci présente la fécondité la plus faible. L'étude de Mehaoua (2006) relative à l'infestation de *P. blanchardi* sur les trois variétés a montré qu'il existe une différence significative entre la teneur des folioles en éléments nutritifs entre les trois variétés. En effet, les folioles de la variété Ghars présentent une teneur élevée en azote et sucres totaux par rapport à la variété Deglet Nour. La teneur la plus faible est enregistrée sur la variété Degla Baida. De ce fait, la variabilité de la fécondité de *P. blanchardi* sur les trois variétés est vraisemblablement liée aux fluctuations constatées dans les teneurs en éléments nutritifs notamment l'azote et les sucres totaux. Des travaux ont démontré qu'un apport d'azote à la plante augmentait la fécondité de *Phenacoccus manihoti* sur manioc (Lema et Mahungu, 1983 in Tertuliano, 1993). En outre, Harrewijn (1970 in Klingauf, 1987), a démontré l'existence d'une corrélation positive entre l'azote total et l'azote soluble contenu dans les tissus des plantes hôtes, et la reproduction et le développement des pucerons. De plus, selon Derridj et Wu (1996) les sucres stimulent la ponte des insectes phytophages et ces derniers préfèrent pondre sur les supports plus riches en sucres (fructose, glucose et saccharose). La différence de la taille enregistrée chez les jeunes femelles de *P. blanchardi* sur les trois variétés est vraisemblablement en relation avec la plante hôte. En effet, il semble que la qualité de l'alimentation mise à la disposition des individus de la cochenille sur les variétés conditionnerait ce phénomène. Cette constatation a été faite par Biche (1987) et Biche et Selami (1999) qui ont pu mettre en évidence une variabilité de la taille des femelles de *Parlatoria olea* sur plusieurs plantes hôtes ; olivier, pommier, néflier, frêne, et cerisier. De même l'étude de Tertuliano (1993) sur le développement de la cochenille *Phenacoccus manihoti* sur sept variétés de manioc a démontré que le facteur alimentation conditionne la taille et le poids des femelles. De plus, l'auteur a pu établir des corrélations significatives entre la taille et le potentiel de reproduction des femelles pour l'ensemble des variétés étudiées. Dans notre cas, on peut supposer que la variabilité de la fécondité sur les trois variétés est en relation avec la variabilité de la taille des femelles. Au cours de notre étude, les taux de la mortalité larvaire et celle des adultes de la cochenille blanche varient en fonction des variétés de dattier étudiées. En effet, c'est sur la variété Degla Baida qu'on marque une mortalité importante comparée à celle enregistrée sur la variété Deglet Nour et Ghars. La mortalité naturelle des populations de *P. blanchardi* est due en grande partie aux facteurs climatiques tels que la température, l'humidité, les vents et les chutes brutales de pluies et aux facteurs biotiques notamment les ennemis naturels (Biche, 1987). N'ayant pas pris en considération la mortalité liée aux prédateurs et aux parasites, la variation de la mortalité des populations de *P. blanchardi* sur les trois variétés ne peut être liée exclusivement aux facteurs climatiques puisque les différences persistent entre les taux de la mortalité sur les variétés quelque soit la saison. En étudiant la résistance du manioc à la cochenille farineuse *Phenacoccus manihoti* les travaux de Tertuliano (1993) font état d'une importante variabilité de la mortalité de la cochenille sur sept variétés de manioc cultivées dans les mêmes conditions. La plante par ses caractéristiques mécaniques (épines, dureté du feuillage, ect...), phénologiques et chimiques peut nuire à la réalisation des performances biologiques de l'insecte (Painter 1951 ; Van

Emden 1987 in Kumbasli, 2005). Selon Carisey et Bauce (2002) la plante hôte peut produire des composés de défense dont l'ingestion par le ravageur détermine le nombre de ses individus. Ces composés non nutritifs sont nommés composés secondaires ou allélochimiques. Ils se divisent en deux catégories principales: les terpénoïdes et les composés phénoliques (Mattson et Scriber 1987 in Kumbasli, 2005). En effet, leur mode d'action exact sur les insectes n'est pas encore très bien élucidé malgré de nombreux travaux dans ce domaine. Ainsi chez le puceron *Schizaphis graminum*, l'acide transcaféique provoque 80 % de mortalité (Todd *et al.*, 1971 in Tertuliano, 1993). Les composés polyphénoliques (les tannins) ont également des effets négatifs sur les ravageurs. Les mécanismes d'action des tannins sont : la réduction de la disponibilité de l'azote nutritionnelle (Feeny 1970 in Kumbasli 2005), et un effet direct toxique pour certaines espèces (Berenbaum 1983 in Kumbasli 2005). En effet, selon (Newbery *et al.*, 1983 in Tertuliano 1993) le niveau de population d'*Zceria seychellarum* (Hom. Margarodidae) est influencé par les teneurs en alcaloïdes et en tannins polymérisés dans les feuilles de ses plantes-hôtes. Des carences en azote favorisent en général la production de composés phénoliques, ce qui semble permettre aux plantes de survivre à certaines attaques d'insectes et de champignons pathogènes (Gershenzon 1984 in Kumbasli 2005). C'est ainsi qu'on peut supposer que les différences de la mortalité des populations *P. blanchardi* sont en relation avec l'existence d'éventuelle composées allélochimiques, ceci pourra expliquer notamment l'importante mortalité sur la variété Degla Baida et dont les folioles contiennent une teneur faible en azote. Ainsi, une plante qui est moins endommagée ou infestée par des phytophages, contrairement à d'autres plantes alors que les milieux sont identiques, est dite résistante (Painter 1958 in Kumbasli, 2005).

4. CONCLUSION

A travers les résultats qu'on a obtenus, nous pouvons conclure que *P. blanchardi* évolue mieux sur la variété Ghars et Deglet Nour que sur la Degla Baida, en effet cette dernière, en enregistrant un faible effectifs, une taille plus faible des jeunes femelles, une fécondité des femelles adulte faible et une mortalité plus importante, semble être tolérante ou résistante à l'égard de la cochenille blanche. L'hétérogénéité des éléments nutritifs et autres mis à la disposition du ravageur par les trois variétés semble influencer les performances biologiques de *P. blanchardi*. Il serait intéressant d'étudier avec précision les effets des éléments nutritifs et non nutritifs procurés par les variétés de dattiers les plus cultivés dans les palmeraies algériennes sur le développement de la cochenille blanche.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Adda R. (2006). Rôle d'Aphytis Lepidosphes (Hymenoptera-Aphelinidae) dans une population de cochenilles diaspinées (Homoptera : Diaspididae) dans un verger de citronnier à Rouïba. Thèse Ingénieur. INA. El-Harrach, 121p.
- Allam A. (2008). Etude de l'évolution des infestations du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* Linné, 1793) PAR *Parlatoria blanchardi* TARG. (Homoptera Diaspididae TARG. 1892) dans quelques biotopes de la région de Touggourt. Thèse Magister INA El- Harrach Alger 106p.
- Biche M. (1987). Bioécologie de *Parlatoria oleae* Colvée (Hom. Diaspididae). Ravageur de l'olivier, *Olea europaea* L., dans la région de Cap-Djinet (Algérie) et étude biologique de son parasite externe *Aphytis maculicornis* Masi (Hym. Aphelinidae). Diplôme universitaire de recherche. Université de Nice, 115 p.
- Biche M. et Selami M. (1999). Etude de quelques variations biologiques possibles chez *Parlatoria oleae* (Colvée) (Hemiptera, Diaspididae). Bulletin de la société entomologique de France, 104 (3), Pp 287 – 292.
- Carisey, N., Bauce, E. (2002). Does nutrition-related stress carry over to spruce budworm, *Choristoneura fumiferana* (Lepidoptera: Tortricidae) progeny? *Bulletin of Entomological Research* 92: 101-108.
- Chaboussou F. (1975). Les facteurs culturels dans la résistance des agrumes vis-à-vis des ravageurs. Séminaire sur les insectes et les acariens des agrumes. Alger, 43 p.
- Cochereau P. (1965). Contrôle biologique d'*Aspidiotus destructor* Signoret (Homoptera-Diaspinidae) par *Lindorus lophanthae* Baisd. (Coleoptera-Coccinellidae), Ile Vaté. Oléagineux, 20 Pp 8-9.
- Derridj S., Wu B. R. (1996). Information biochimique présentes à la surface des feuilles. Implication dans la sélection de la plante hôte par l'insecte. Actes des 5^{ème} journées du groupe de travail relations

insectes-plantes, 26 – 27 octobre 1995, Montpellier, France. Colloques, CIRAD-CA, Montpellier, France, Pp 43 – 51.

-Dreyer D.L., Campbell, B.C. (1987). Chemical basis of host-plant resistance to aphids. *Plant, Cell and Environment*, 10 : Pp 353-361.

-Klingauf, M. (1987). Feeding, adaptation and excretion. In: Aphids, Their Biology, Natural Enemies and control. Vol. A. Ed. The Netherlands- Elsevier, Pp 225 – 253.

-Kumbasli M. (2005). Etudes sur les composés polyphénoliques en relation avec l'alimentation de la tordeuse des bourgeons de l'épinette (*Choristoneura fumiferana* Clem.). Thèse doctorat des Sciences Forestières. Faculté de foresterie et de géomatique université laval. Québec, 176 p.

-Mehaoua. MS. (2006). Etude du niveau d'infestation par la cochenille blanche *Parlatoria blanchardi* Targ., 1868 (Homoptera, Diaspididae) sur trois variétés de palmier dattier dans une palmeraie à Biskra. Thèse Magister INA- El –Harrach Alger. 150p.

-Mostefa M. et Boukhors R. (2004). Relation des protéines hydrosolubles et des minéraux foliaires de deux variétés d'agrumes (Citronnier, Clémentinier) avec les pullulations de *Parlatoria zizyphi* Lucas (Homoptera, Diaspididae) en Mitidja. Thèse Ingénieur d'état en Biologie. Institut de biologie. Blida, 88 p.

-Ouzzani T. (1997). Dynamique de populations de la cochenille noire de l'oranger *Parlatoria zizyphi* Lucas, 1893 (Coccidae, Diaspidinae) dans un verger d'agrumes à Boufazrik. Essai de lutte. Thèse Magister. INA El –Harrach. 124 p

-Saighi H. (1998). Biosystématique des cochenilles diaspidines des plantes du jardin d'essai du Hamma et du parc de l'institut national agronomique d'El-Harrach. Thèse Magister. INA. El-Harrach, 304 p.

-SALAMA H. S., EL-SHERIF A. F., MEGAHED M. (2009). Soil nutrients affecting the population density of *Parlatoria zizyphi* (Lucas) and *Icerya purchasi* Mask. (Homoptera., Coccoidea) on citrus seedlings. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie*. Volume 99 1-5 Pp 471-47.

-Tertuliano M. (1993). Résistance du manioc à la cochenille farineuse *Phenacoccus manihoti* (Homoptera : Pseudococcidae) : rôle de quelques composés chimiques foliaires. Thèse Doctorat Université de rennes I. 100p.

Symbioses endomycorhizienne et endophytiques de *Pistacia vera* : cas d'une pistacheraie de M'chedallah (wilaya de Bouira - Algérie)

Abdellaoui K.*, Smail-Saadoun N., Baghdadi F., Mazouzi D., Behar N., Belkebir-Boukais A.
* Laboratoire : Ressources Naturelles, Département des Sciences Agronomiques - Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. Algérie.
E-mail: karimaviro@yahoo.fr

RESUME

Le pistachier fruitier, *Pistacia vera* L., est un arbre cultivé dans les régions semi arides de l'Algérie. Cette espèce établit des symbioses avec de nombreux champignons du sol qui permettent l'absorption de l'eau et des éléments nutritifs dans un environnement contraignant. Ces symbioses mycorhiziennes et endophytiques ont un effet générique car elles renforcent la différenciation adaptative des plantes aux conditions environnementales biotiques et abiotiques dans chaque population où elles sont présentes. Cette étude a pour objectif de rechercher les symbioses racinaires chez *Pistacia vera* cultivé dans une région semi aride en interaction avec les facteurs climatiques et édaphiques influençant cette symbiose.

Les résultats ont montré une diversité des champignons mycorhiziens et endophytiques au niveau des racines du pistachier vrai indépendamment du sexe de l'arbre, du diamètre racinaire et de la profondeur du sol. Ces résultats sont corrélés aux conditions édaphiques de la zone d'étude. Cette étude montre que les champignons des racines du pistachier vrai en zone semi aride forment un cortège fongique bénéfique.

Mots-clés : Mycorhize, endophyte, pistachier fruitier, semi aride, conditions pédoclimatiques, Algérie.

SUMMARY

The pistachio tree, *Pistacia vera* L., is grown in semi-arid regions of Algeria. This species establishes symbioses with many soil fungi that allow the absorption of water and nutrients in a restrictive environment. These endophytic and mycorrhizal symbioses have a generic effect because they reinforce the adaptive differentiation of plants to environmental conditions and/or biotic in each population where they are present. This study aims to identify root symbioses in *Pistacia vera* present in a semi-arid region and study the climatic and soil factors influencing this symbiosis. The results showed a diversity of mycorrhizal fungi and endophytes on roots of the pistachio tree regardless of the sex of the tree, root diameter and soil depth. These results are correlated with the soil conditions of the study area. This study shows that the root fungi of true pistachio trees in semi-arid region form a beneficial fungi association.

Key-words: Mycorrhize, endophytes, pistachio tree, semi-arid, climatic conditions, Algeria.

1. INTRODUCTION

Les associations mycorhiziennes prédominantes dans les écosystèmes naturels et agricoles sont les mycorhizes à arbuscules et à vésicules. Elles concernent environ 95% des taxons végétaux et non visibles à l'oeil nu (Smith et Read, 1997). Comme la plupart des plantes cultivées forment des mycorhizes arbusculaires, les champignons impliqués constituent un outil biologique de choix dans le développement d'une gestion de l'environnement et une production végétale durable (Budi et al., 1998).

En plus de l'infection mycorhizienne, la plupart, si ce n'est toutes les plantes étudiées dans les écosystèmes naturels sont infestées par des champignons microscopiques appelés endophytes, sans pour autant qu'elles ne développent de symptômes pathogènes.

Si la symbiose mycorhizienne et endophytique est bénéfique à la plante sous plusieurs aspects en fournissant des nutriments à la plante, les champignons mycorhiziens à arbuscules (MA) ont également un effet fertilisant, ils jouent un rôle dans la stabilité du sol et ont un effet protecteur vis-à-vis des stress abiotiques et biotiques (Redon, 2009).

Les champignons endophytes confèrent eux aussi, dans leur association symbiotique à la plante hôte, une amélioration de son état de santé en synthétisant certains métabolites fonctionnels. Ils renforcent leur tolérance aux stress environnementaux et aux agents phytopathogènes ou à des herbivores, et par conséquent contribuent au maintien de la biodiversité végétale. En retour, ils bénéficient de la protection et des nutriments de son partenaire.

Malgré l'importance des effets positifs de la symbiose mycorhizienne et endophytique sur la relation plante-hôte, peu d'études sont publiées sur la caractérisation mycorhizienne et endophytique des arbres fruitiers et plus particulièrement le pistachier vrai (Salehi et al., 1998). Afin de promouvoir les potentialités de développement de cette espèce, nous avons initié une étude sur l'importance des champignons mycorhiziens et endophytiques chez *Pistacia vera* dans un verger d'une zone semi aride (commune de M'chedallah de la wilaya de Bouira). Lors de cette étude, nous avons également caractérisé les sols sous-jacents des sujets échantillonnés dans l'objectif de corrélérer la présence et la diversité de la symbiose aux facteurs édaphiques.

2. MATERIEL ET METHODES

L'échantillonnage a été réalisé dans une pistacheraie de M'chedallah, wilaya de Bouira au mois d'avril 2012. La station d'étude est une parcelle de 0,25 ha de pistachier vrai. Elle est située à la latitude Nord 36° 21' 55'', la longitude Est 4° 16' 15'' et une altitude de 323 m. La zone d'étude est située à 40 km du chef lieu de Bouira (Figure 1).

Selon la zonation éoclimatique proposée par Le Houérou (1995), la zone échantillonnée appartient à l'étage semi aride supérieur à hiver tempéré (Tableau 1).



Figure 1. Position géographique de la wilaya de Bouira en Algérie.

Tableau 1. Données et paramètres utilisés dans la classification éoclimatique de la région de Bouira (1998-2007) (Source : l'O.N.M. de Ain Bessam).

Station	P (mm)	M (°C)	m (°C)	T (°C)	M-m (°C)	M+m/2 (°C)	ETPp	P/ETPp	Classification
Bouira	540,3	35,8	3,6	17,33	32,2	19,7	1202	0,44	Semi-aride supérieur, à hiver tempéré

Six sujets ont été choisis aléatoirement au niveau du verger. Etant une espèce dioïque, l'échantillonnage a été réalisé sur trois pistachiers mâles et trois pieds femelles. Les arbres 1, 5 et 6 sont de sexe masculin. Les sujets 2, 3 et 4 sont des individus femelles ; Les sujets 4 et 5 sont de faible vigueur, les autres pieds sont de vigueur moyenne.

Des profils ont été creusés sous les six individus. Des radicelles dont le diamètre est inférieur à 1mm ont été prélevées avec le sol correspondant. Au laboratoire, les racines sont extraites et conservées dans l'éthanol 70°. La coloration des champignons symbiotiques est effectuée au bleu trypan selon la méthode de Phillips et Hayman (1970). Les radicelles sont écrasées ensuite entre lame et lamelle.

Les radicelles ont été prélevées et conservées dans l'éthanol 70°. La coloration des racines est faite au bleu trypan selon la méthode de Phillips et Hayman (1970). Les radicelles sont écrasées ensuite entre lame et lamelle.

Nous avons également prélevé des échantillons de sol le long de ces profils racinaires, selon les différents horizons et ceci pour chaque individu. Les échantillons de sol ainsi prélevés ont subi plusieurs analyses de caractéristiques physico-chimiques : la texture, le taux du calcaire total ($\text{CaCO}_3\%$), le pH et le taux de la matière organique (MO%).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Nos observations ont permis de révéler la présence fréquente des poils absorbants bien développés. Danjon et Fourcaud (2009), précisent que les poils absorbants assurent l'interface avec les mycorhizes. Les recherches de Janos (2007), ont montré que la longueur et la densité des poils absorbants sont un indicateur de la dépendance mycorhizienne de la plante. Ce développement des poils absorbants signifie également l'absence des ectomycorhizes. Le développement d'un champignon ectomycorhizien a pour effet de stopper la croissance longitudinale des racelles et d'inhiber la formation des poils absorbants (Egli et Brunner, 2002).

Au niveau de tous les individus, nous notons la présence de l'infection mycorhizienne à arbuscule et vésicule indépendamment du sexe de l'arbre, du diamètre racinaire, de la profondeur du sol et des caractéristiques physico-chimiques du sol. Cette mycorhization est justifiée par l'existence de différentes structures fongiques : vésicules et arbuscules au niveau du cortex, mycélium asepté intra et extra-racinaire colorés en bleu, cellules auxiliaires extra-racinaires et des spores, caractérisant la symbiose endomycorhizienne à arbuscule et vésicule (Figures 2 et 3). Salehi et *al.*, (1998) signalent la présence d'endomycorhizes à vésicules et arbuscules chez cette espèce fruitière.

Nos observations ont permis de mettre en évidence la présence de plusieurs espèces fongiques endomycorhiziennes à arbuscules et à vésicules du genre *Glomus* (*Glomus mosseae*, *Glomus etunicatum*, *Glomus aggregatum*, *Glomus perpusillum* et *Glomus rubiforme*) et du genre *Gigaspora* au niveau des racines de pistachier vrai de M'chedallah (Figure 4).

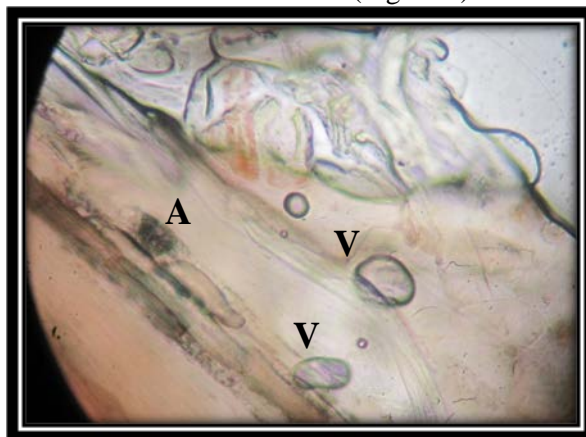


Figure 2. Observation microscopique d'arbuscules et vésicules (V), F3, P2, D1 (10×40).

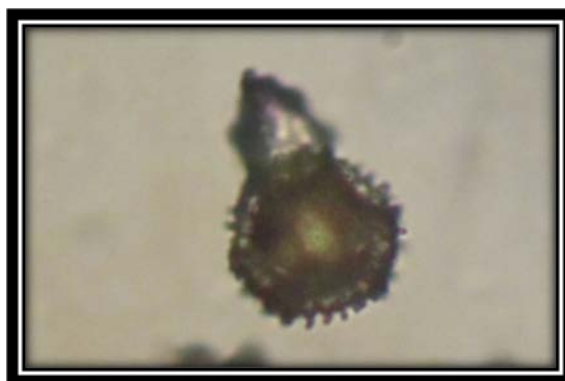


Figure 3. Cellule auxiliaire extra-racinaire, M4, P3, D2 (10×40×3).

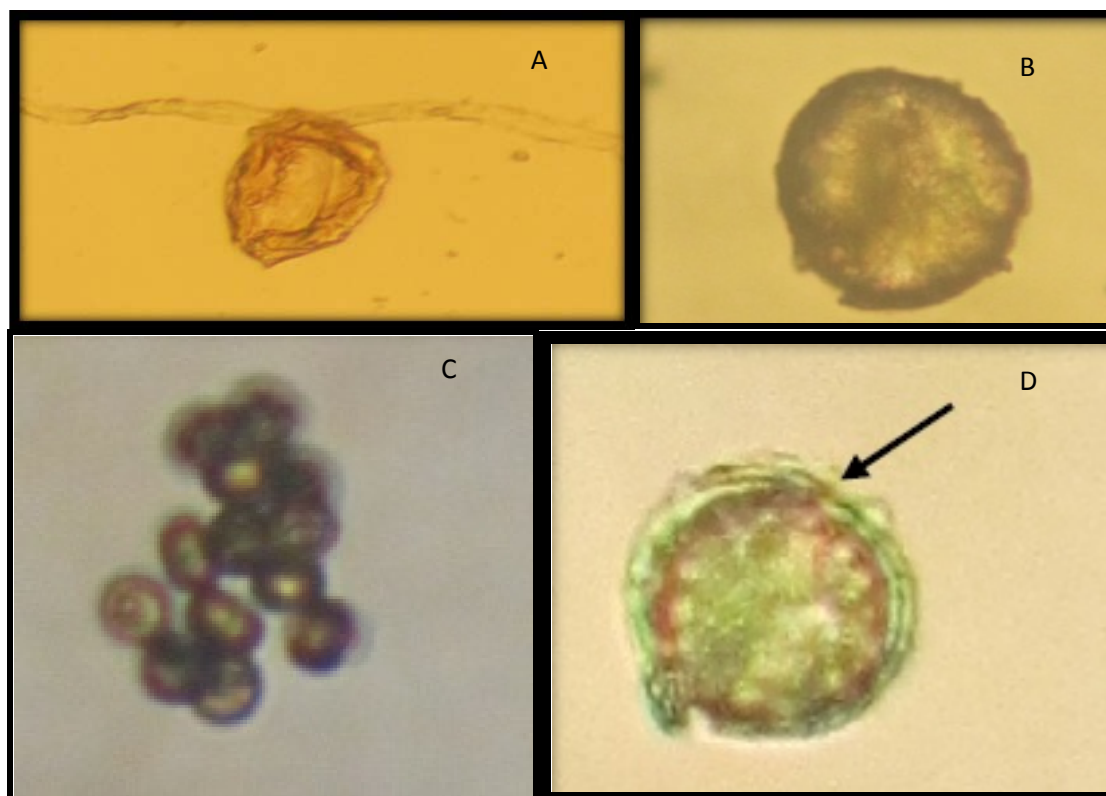


Figure 4. Observation microscopique de spores de : *Glomus perpusillum* (A), *G. etunicatum* (B), *G. aggregatum* (C), *Gigaspora* sp. (D).

Quant aux champignons endophytes, ils sont divers (spores, champignons endophytes septés foncés (DES), microsclérotés, conidies) (Figure 5).



Figure 5. Observation microscopique d'endophytes.

La présence de la symbiose mycorhizienne (VAM) est sous l'influence de plusieurs paramètres liés à la plante elle-même et d'autres facteurs d'ordre abiotiques que nous décrirons ci-dessous :

Diamètre des racines

Au niveau des deux diamètres D1 (inférieur à 0.5 mm) et D2 (entre 0.5 mm et 1 mm), la présence des VAM est révélée. D'après St John (1980), ces racines fines sont physiologiquement les plus actives et les plus aptes à porter des mycorhizes.

En ce qui concerne les mycorhizes, l'effet de l'augmentation de la concentration en gaz carbonique de l'atmosphère devrait pouvoir entraîner une augmentation parallèle de la capacité symbiotique, grâce à une distribution préférentielle du carbone vers les fines racines et les mycorhizes (Marçais et al., 2000).

Profondeur

L'observation des radicelles mycorhizées de *Pistacia vera* a montré la présence de différentes structures composant les VAM quelque soit le niveau du sol de prélèvement des échantillons P1, P2, P3 ou P4.

Ce résultat a été confirmé par Diagne et Ingleby (2003), sur *Acacia raddiana* et *A. nilotica* qui précise la présence des VAM jusqu'à 3 m de profondeur. Selon Smith et Read (1997), il y a une diminution significative de la colonisation racinaire par les VAM avec l'augmentation de la profondeur. Bien que les spores des VAM ont été trouvées dans les sols aussi profonds que 2.2 m (Zajicek et al., 1986), 70-85% de spores ont été retrouvés au dessus de 40 - 45 cm (Thompson, 1991), Redhead (1977), ajoute que les VAM se trouvent principalement haut de là de 15 -30 cm.

Facteurs édaphiques

Les caractéristiques physico-chimiques des sols sous six sujets de pistachier vrai de la présente étude sont reportées au niveau du tableau 2.

La Texture

Les textures argilo-limoneuse et argileuse dominent pour l'ensemble des sols sous pistachier vrai du verger de M'chedallah.

La plus grande population des endomycorhizes à vésicules et à arbuscules est signalée dans des sols argileux (Plenchette, 2000). A contrario, la plus petite population des MVA est observée dans des sols sableux (Declerck et al., 1999).

Il est important de noter qu'un sol avec une quantité moindre de fraction grossière et riche en argiles présente des niveaux très élevés d'infection racinaire par les endomycorhizes VA (Gaidashova et al., 2010).

Certains MVA sont liées à un type particulier du sol, ainsi *Glomus mosseae* est liée à une texture fine, *Acaulospora laevis* est liée à une texture grossière et *Gigaspora* spp. est liée à des sols sableux.

Le pH

Les sols de notre zone d'étude sont basiques à très basiques. Les valeurs, sous tous les sujets et à tous les niveaux, s'étendent de 8,02 à 8,78. Ce pH permet l'existence des endomycorhizes.

Selon Bansal et al. (2012), le genre *Glomus* est présent à toutes les valeurs de pH du sol avec son pH optimum variant de 6 à 8. *G. sinuosum* n'a été trouvé que dans des prairies avec des sols à pH élevé, *Glomus mosseae* est liée à pH élevé, par contre *G. caledonium* et *Acaulospora laevis* se trouvent presque exclusivement dans les sols acides (Oehl et al., 2011).

Certains MVA sont liées à un type particulier du sol, ainsi *Glomus mosseae* est liée à une texture fine, à pH élevé, *Acaulospora laevis* est liée à un pH acide.

Le pH du sol entourant les spores est un facteur important pour leurs germinations (Gai et Liu 2003). Yameogo (2009), ajoute que le pH acide inhibe la germination de spores de certaines espèces. Les résultats de Gunasekaran et al., (1987) montrent que le pH neutre favorise la germination des spores de *Glomus*. Tandis qu'un pH acide diminue le taux de germination (Siqueira et al., 1985).

Tableau 2. Texture, pH, taux de calcaire total "CCO₃ (%)" et de matière organique "MO" des sols sous-jacents aux 06 sujets de pistachier vrai du verger de M'chedallah.

Sujet	Niveau	Texture	CaCO ₃ (%)	pH	MO
S1 (mâle)	0-20	argileuse	35,00	8,06	5,92
	20-40	argileuse	41,00	8,02	8,04
	40-60	argileuse	42,50	8,08	4,65
	60-80	argileuse	33,75	8,23	5,92
S2 (femelle)	0-20	limono-argileuse fine	32,00	8,36	8,46
	20-40	argilo-limoneuse	32,00	8,33	7,62
	40-60	argilo-limoneuse	33,00	8,26	6,77
	60-80	limono-argileuse fine	33,75	8,35	8,89
S3 (femelle)	0-20	argileuse	33,13	8,33	8,04
	20-40	argileuse	29,00	8,31	6,35
	40-60	argileuse	36,88	8,18	9,52
	60-80	argileuse	33,13	8,11	2,54
	80-100	Argilo-limoneuse	32,50	8,11	7,19
S4 (mâle)	0-20	limono-argileuse fine	31,25	8,33	5,08
	20-40	argilo-limoneuse	25,00	8,40	6,14
	40-60	argileuse	21,88	8,38	3,81
	60-80	argilo-limoneuse	26,88	8,44	5,29

	80-100	argilo-limoneuse	33,00	8,41	5,50
	0-20	limono-argileuse fin	15,00	8,58	8,04
	20-40	argilo-limoneuse	20,63	8,78	3,81
S5 (mâle)	40-60	argilo-limoneuse	20,00	8,65	3,81
	60-80	limono-argileuse fine	18,75	8,65	5,71
	80-100	argilo-limoneuse	17,50	8,68	3,38
	0-20	limono-argileuse fine	18,13	8,65	4,23
S6 (femelle)	20-40	limono-argileuse fine	18	8,58	6,77
	40-60	argilo-limoneuse	18,75	8,64	2,12
	60-80	argilo-limoneuse	20,00	8,67	4,87

Le calcaire

Les taux de calcaire total se situent entre 15% et 42,5%. Ces sols sont modérément à fortement calcaires. En effet, Oukabli (2005) signale que le pistachier vrai est une espèce calcicole qui présente donc l'avantage d'être résistant au calcaire.

Les mycorhizes sont des auxiliaires irremplaçables dans un sol calcaire. D'après Smith et Read (2008), les mycorhizes arbusculaires mobilisent le phosphore insoluble inaccessible aux plantes par l'exudation d'acides organiques et la sécrétion de phosphatases dans la rhizosphère par le champignon mycorhizien.

La matière organique

Les sols sous-jacents montrent des taux de matière organique très élevés. Les taux moyens varient entre 2,54% (enregistré pour le sujet 3) et 4,95% (enregistré pour le sujet 5).

Ces sols isohumiques. En effet, dans les zones semi-arides, la répartition d'une matière organique bien évoluée est profonde ; la teneur en humus décroît régulièrement et lentement avec la profondeur : c'est l'isohumisme (Aubert, 1965).

Le sol sous pistachier vrai de cette parcelle apparaît riche en matière organique. Ce sont des sols isohumiques. En effet, dans les zones semi-arides, la répartition d'une matière organique bien évoluée est profonde ; la teneur en humus décroît régulièrement et lentement avec la profondeur : c'est l'isohumisme (Aubert, 1965).

Le processus d'agrégation du sol est très encouragé par la présence d'hyphes des AM. Nous avons constaté que cette augmentation des AM dans le sol est fortement stimulée par la présence de matière organique. Cette dernière montre une corrélation positive sur le développement et le nombre de spores des AM (Shrestha et al., 2003).

Aucune différence du pH et de la teneur en matière organique n'est notée pour les sols sous jacents aux sujets mâles et femelles.

La combinaison entre les conditions environnementales du verger de M'chedallah et l'espèce *P. vera* semble favoriser une diversité fongique importante. L'étude au niveau du laboratoire a permis d'identifier que le genre *Glomus* à partir des spores.

La combinaison entre les conditions environnementales du verger de M'chedallah et l'espèce *P. vera* semble ne favoriser pas une diversité fongique importante. L'étude au niveau du laboratoire a permis d'identifier les espèces du genre *Glomus* à partir des spores.

Les spores trouvées indiquent la dominance du genre *Glomus* et une présence limitée de genre *Gigaspora*. Les deux genres fréquemment rencontrés en milieu perturbé, sont représentés dans notre étude par les espèces suivantes : *Glomus mosseae*, *G. etunicatum*, *G. aggregatum*, *Gperpusillum*, *G. rubiforme* et *Gigaspora* sp.(Figure 5).

Les espèces les plus détectées en zone aride et semi-aride dans le monde sont *Glomus mosseae*, *G. intraradices* et *G. etunicatum* (Ferrol et al., 2004).

Notre étude témoigne aussi d'une variété d'espèces fongiques endophytiques, telles que *Pestalotiopsis guepinii*, *Colletotrichum* sp., *Chaetomium* sp., *Cladosporium herbarum*, *Cylindrosporium mori*, *Rhizopus stolonifer* et *Cochliobolus spicifer*. Les endophytes foncés septés aussi sont présents.

4. CONCLUSION

Pistacia vera est une espèce stratégique en agronomie et le développement de sa culture présente de nombreux avantages économiques, nutritionnels et environnementaux. Le pistachier est une culture qui a un grand avenir dans les régions arides et semi arides méditerranéennes. Dans son aire

traditionnelle, il est relégué à des zones marginales, sans irrigation. La productivité est faible et irrégulière (Libbey, 1991).

La confirmation de la présence de la symbiose mycorhizienne et endophytique chez *Pistacia vera* était l'objectif de notre étude. Ce travail est complété par des analyses du sol sous pistachier vrai, des mesures sur les diamètres racinaires et de leurs profondeurs. La corrélation de ces données avec les conditions climatiques de notre région d'étude nous ont permis de comprendre la dynamique de ces champignons mycorhiziens et endophytes.

L'existence de la colonisation mycorhizienne et endophytique au niveau du cortex et du cylindre central et des structures fongiques extra-racinaires. La présence de cette symbiose au niveau de la famille des *Anacardiaceae* chez le pistachier de l'Atlas en zones arides est reportée dans la littérature par Amarache et Chelli (2008), Raab (2010) et Redjdel (2010).

L'étude entreprise suggère une valorisation possible de ces symbioses en agriculture et en particulier le développement du pistachier vrai en Algérie. Ces résultats ne sont que préliminaires et méritent d'être complétés par d'autres travaux, afin de :

déterminer les espèces fongiques responsables de la mycorhization du pistachier vrai, mais aussi les endophytes qui lui sont associés.

trouver des espèces mycorrhizogènes et endophytiques adaptées aux conditions des zones semi arides.

identifier le plus grand nombre d'espèces fongiques pour mieux comprendre l'interaction entre champignon mycorhizien – endophyte – plante hôte et milieu.

Nous recommandons aussi une étude de la microflore et de la pédofaune pour mieux caractériser les différents aspects de la nutrition du pistachier vrai dans cette région semi-aride.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amarache C., Chelli O., (2008). Contribution à la recherche de symbioses mycorhiziennes de *Pistacia atlantica*. Desf. ssp. *atlantica* de la station de Tilrhemt (Wilaya de Laghouat). *Mémoire d'ingénieur*. Département de Biologie, UMMTO.
- Aubert G., (1965). Classification des sols. Ed. O.R.S.T.O.M., 18 p.
- Bansal M., Kukreja K., Dudeja S. S., (2012). Diversity of *Arbuscular mycorrhizal* fungi, prevalent in rhizosphere of different crops grown in the university farm. *African Journal of Microbiology Research* Vol. 6(21), p. 4565-4566
- Budi S., Caussanel J., Trouvelot A., Gianinazzi S., (1998). The biotechnology of mycorrhizas. p. 52.
- Danjon F., Fourcaud T., (2009). L'arbre et son enracinement. *Innovations Agronomiques* : 6. p : 21.
- Declerck S., Plenchette C., Strullu D.G., 1995. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. *Plant Soil* : 176. pp. 183-187.
- Diagne A., Ingleby K., (2003). Ecologie des champignons mycorhiziens arbusculaires infectant *Acacia raddiana*. Un arbre dans le désert *Acacia radinna*. IRD édition. p.211
- Egli S., Brunner I., (2002). Les mycorhizes une fascinante biocénose en forêt. *Notice pour le praticien* . 35. pp. 2-3
- Ferrol N., Calvente R., Cano C., Barea J.M., Azcón-Aguilar C., (2004). Analysing arbuscular mycorrhizal fungal diversity in shrub-associated resource islands from a desertification threatened semiarid Mediterranean ecosystem. *Appl Soil Ecol.* 25. pp. 123–133.
- Gai J.P., Liu R.J., (2003). Effect of soil factors on AMF in the rhizosphere of wild plants. *Chin J. Appl. Ecol.* 14. pp. 235-237.
- Gaidashova S.V., Vanasten P.J.A., Jefwa J.M., Delvaux B., Declerck S., (2010). Arbuscular mycorrhizal fungi in the East African Highland banana cropping systems as related to edapho-climatic conditions and management practices : case study of Rwanda. *Fungal Ecology* : 3. pp. 225-233.
- Gunasekaran P., Sundaresan P., Ubalthouse N., Lakshmanan M., (1987). Effect of pH, temperature and nutrients on the germination of a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus fasciculatum* in vitro. *Proc. Ind. AS-Pl. Sci.* 97. pp. 231-234.
- Janos D.P., (2007). Plant responsiveness to mycorrhizas differs from dependence upon mycorrhizas. *Mycorrhiza* : 17. p. 75-91.
- Le Houérou H.N., (1995). Bioclimat et biogéographie des steppes arides du nord de l'Afrique. *Université biologique, développement durable et désertisation. Options Méditerranéennes*, série B, 396 p.

- Libbey J., (1991). L'amélioration des plantes pour l'adaptation aux milieux arides. Ed. AUPELPUREF. Eurotext. Paris. p. 70
- Marçais B., Bouhot-Delduc L., Le Tacon F., (2000). Effets possibles des changements globaux sur les micro-organismes symbiotiques et pathogènes et les insectes ravageurs des forêts. *Rev. For. Fr. LII* - numéro spécial 2000. p. 113.
- Oehl F., Jansa J., Ineichen K., Mäder P., Heijden M.V.D., (2011). Champignons mycorhiziens arbusculaires, Bioindicateurs dans les sols agricoles suisses. *RechercheAgronomique Suisse* : 2 (7-8). pp. 304-311.
- Oukabli A., (2005) - Le pistachier – un arbre fruitier et forestier. Transfert de technologie en agriculture, bulletin mensuel d'information et de liaison de PNTA, 125 : 1- 4.
- Philips J. M., Hayman D.S., (1970). Improved procedure for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 55. pp. 158-161.
- Plenchette C., (2000). Receptiveness of some tropical soils from banana fields in Martinique to the arbuscular fungi *Glomus intraradices*. *Applied Soil Ecology* : 15. pp. 253-260.
- Redhead J.F., (1977). Endotrophic mycorrhizas in Nigeria : Species of the Endgonaceae and their distribution. *Trans. Brit. Mycol. Soc.* 69. pp. 275-280.
- Redjda L., (2010). Contribution à l'étude des symbioses mycorhiziennes du pistachier de l'Atlas : cas de la population du centre de la daya de Tirlhem (wilaya de Laghouat). *Mémoire d'ingénieur*. Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou. p.88.
- Raab, (2010). Approche anatomique des racelles du Pistachier de l'Atlas (*Pistacia atlantica* Desf. ssp. *atlantica*) : cas de la population de Timzert Wilaya de Laghouat. *Mémoire d'ingénieur*. Département d'Agronomie, Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques, UMMTO.
- Redon P.O., (2009). Rôle de champignons mycorhiziens à arbuscules dans le transfert du cadmium (Cd) du sol à la luzerne (*Medicago truncatula*). Univ. de Henri Poincaré, Nancy I. Cedex, France. p. 35.
- Salehi F., Abusaidi D., Asghar-hzadeh N.A., (1998). Investigation on the presence of mycorrhiza (VAM) fungi and their effects on phosphorus uptake and pistachio growth in the pistachio cultivated areas of Iran. Annual Report for 1998. Pistachio Research Institute, Rafsanjan, Iran. p. 86.
- Shrestha G. V., Wallander H., Johnsson N., Khadgi B.R., Shrestha K., (2003). Organic matter addition stimulates growth of arbuscular mycorrhizal fungi in plantations of eroded slopes in Nepal. p. 44.
- Siqueira J.O., Sylvia D.M., Gibson J., Hubbell D.H., (1985). Spores, germination, and germ tubes of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Canadian Journal of Microbiology* : 31. pp. 965-972.
- Smith F.A., Smith S.E., (1997). Structural diversity in (vesicular)-arbuscular mycorrhizal symbioses. *Tansley Review* : 96. pp. 337-388.
- St John, (1980). Tamanho da raiz, pelos radiculares e infecção por micorrizas : um reexame da hipótese de Baylis com árvores tropicais. *Acta Amazonica* : 10. pp. 141-145.
- Thompson J.P., (1991). Improving the mycorrhizal condition of the soil through cultural practices and effects on growth and phosphorus uptake by plants. In: Johansen, C., Lee, K.K., Sahrawat, K.L. (Eds.), *Phosphorus Nutrition of Grain Legumes in the Semi-Arid Tropics. Int. Crops Research Instit. for the Semi-arid Tropics*, pp. 117–138.
- Yameogo W. M., (2009). Diversité des champignons endomycorhiziens et des bactéries fixatrices d'azotes associés au niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) dans différentes zones climatiques du Burkina Faso. p. 16.
- Zajicek J.M., Hetrick B.A.D., Albrecht M.L., (1987). Influence of drought stress and mycorrhizae on growth of two native forbs. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 112. pp. 454–459.

The effects of Climatic Variability and Change on the activity of the Almond bark beetle *Scolytus amygdali* in the coastal zone of Mahdia

Asma Zeiri^{1,*}, Mohamad Braham², and Mohamad Braham³

¹Faculty of Sciences of Bizerte, Jarzouna, Bizerte 7021, Tunisia

²Regional Center of Research on Horticulture and Organic Agriculture, The University of Sousse, 4042 Chott-Mariem, Sousse, Tunisia

³Institute of the Olive Tree station of Sousse, 40 Street Ibn Khouldoun, 4061 Sousse, Tunisia

*Email: asma_zairi@yahoo.fr

SUMMARY

Climate change is expected to influence the distribution and population dynamics of many insect pests, with potential severe impacts on orchards. Among the stone fruits traditionally grown in the Souassi region of Mahdia prefecture, almond is the most important and widespread crop. Unfortunately trees are suffering from the attack of the almond bark beetle *Scolytus amygdali* Guerin Meneville, 1847 (Col: Curculionidae, Scolytinae) that cause many damages to infested trees by destroying the phloem. *S. amygdali* is considered as a key pest attacking fruit trees in many regions of Tunisia. During the last four years studies on the biology and ecology of *S. amygdali* were carried out in the coastal zone of Mahdia. The T° statistically rise in Souassi from 1990 to 2012 for both Min T° (F=213.57, p=0.000) and Max T° (F=213.16, p=0.000). Taking in account the mean Min T° and Max T° of the whole years starting from 1990 to 2012, the Min T° rises from 12.75 C° in 1990 to 16.08 C° in 2012. For Max T° it was between 23 and 25 C°. There was no statistical difference between months T° from year to year when studying each moth as a separate unit. *S. amygdali* emerge at air temperatures above 18°C to form the winter generation. After a period of cold weather, the air temperature starts to rise, all adult beetles that had accumulated in the bark to wait for favorable flight conditions will suddenly emerge and produce spring generation during March and April. The spring generation is followed by a summer generation that starts in May to June. The bark beetle is reported to develop three generation per a year under favorable conditions. The flying pattern of *S. amygdali* is influenced by the air temperature in the coastal zone of Mahdia.

Key words: almond, generation, Souassi, *Scolytus amygdali*.

1. INTRODUCTION

The total area used for fruit cultivation in Tunisia is approximately 470,000 ha. Stone fruits are cultivated on some 380,000 ha. Among the stone fruits traditionally grown in Tunisia, almond is the most important and widespread crop (310,000 ha). Peach ranks second with about 22,000 ha, while apricot and plum rank Third and fourth, being grown on 17,000 ha and 4,100 ha respectively. (Boulila and Marrakchi 2001). Due to its geographical location, the climate of the coastal zone of Mahdia region is influenced by Saharian winds. As for the south-west arid zone of Mahdia (Souassi) (Mohamed 2009) where are the area most affected by aridity the winds are from the west, northwest, south-western side, blowing on hot, dry arid soils and extensive coastal plains (Mohamed 2009). The Temperature is usually marked by alternating two seasons. The winter, from December to April, is characterized by mild temperatures. The summer is characterized by high heat. Saharan winds southwest (Shehili), hot and dry, are responsible for severe heat waves that raise the temperature levels (Mohamed 2009). The region is largely subject to influences and Saharan steppe (Mohamed 2009).

Climate change is expected to influence the distribution and population dynamics of many insect pests, with potential severe impacts on crops. Climate change can also influence insect emergence and first appearance after hibernation, which may depend on a combination of day length and temperature thresholds (Netherer, Schopf 2010). This issue has become of key importance in assessing climate change impacts on forestry, agriculture and other sectors (MacLeod et al. 2002; Olfert, Weiss 2006; Baier et al. 2007; Trnka et al. 2007).

The almond bark beetle *Scolytus amygdali* (Col.: Curculionidae, Scolytinae) is the most important fruit trees insect pest in Tunisia (Cherif and Trigui 1990; Zeiri et al 2011). It is being considered as a predominant species of bark beetle attacking fruit trees since 1921 in north Africa, Europe and in the Middle-East (Kinawy et al 1991, Benazoun 1983; Benazoun and Schvester, 1990; Bolu and Legalov 2008; Picard 1921; Balachowsky 1949; Russo 1931; Janjua and Samuel 1941; Buhroo et al 2007). The pest is considered as a secondary pest. However, it is capable of killing branches or young trees or

trees weakened due to disease by water stress. The beetle colonies only established after the successful installation of galleries systems inside the bark that further leads to the death of those branches.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Experiment location

Experiences were carried out in the Professional Training Center of Agriculture "Souassi". The delegation Souassi is part of the Mahdia Governorate. The center is limited on the north side by Ouled Chemekh, on the South by Souassi village, the east by the road to Chhimet and from West by the road to Sidi Zid. The Climate of the area is arid characterized by long, hot and dry period that can extend up to 8 months (LISAH, 2007).

2.2. Climatic assessment

Data of maximum temperature or minimum temperature records in Souassi was calculated monthly from the archive website T° (<http://freemeteo.com>).

2.3. Rearing technique

Branches of almond (about 20 cm in length and 1.5 cm in diameter) were weekly cut from trees in the field. They were labeled and placed between trees in a 1 m high from the soil. Newly emerged adults collected from infested branches were released inside rearing boxes in addition to infested logs containing emerging adults. The study of the life cycle of *S. amygdali* was initiated on October 2009. Infested branches were debarked monthly and the number of mother galleries which represents the attack number (AN) was calculated regularly.

2.4. Statistical analysis

The software SPSS 17.0 was used for running ANOVA test.

3. RESULTS

3.1. Temperature assessment in Souassi

The Temperature statistically rises in Souassi from 1990 to 2012 for both Min T ($F=213.57$, $p=0.000$) and Max T ($F=213.16$, $p=0.000$). Taking in account the mean Min T and Max T all years starting from 1990 to 2012, the Min T rises from 12.75 °C in 1990 to 16.08 °C in 2012 (Figure 1). For Max T, it was between 23 and 25 °C (Figure 1). There was no statistical difference between months T from year to year when studying each moth as a separate unit.

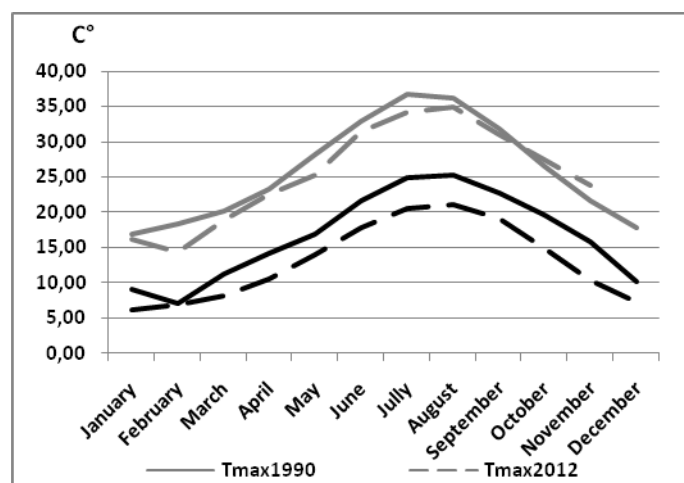


Figure 1. Variation of the Maximum and minimum T in Souassi during 1990 and 2012.

3.2. Life cycle of *Scolytus amygdali*

The study of the variation of the attack number in relation with Temperature in Souassi was shown in Figure 2.

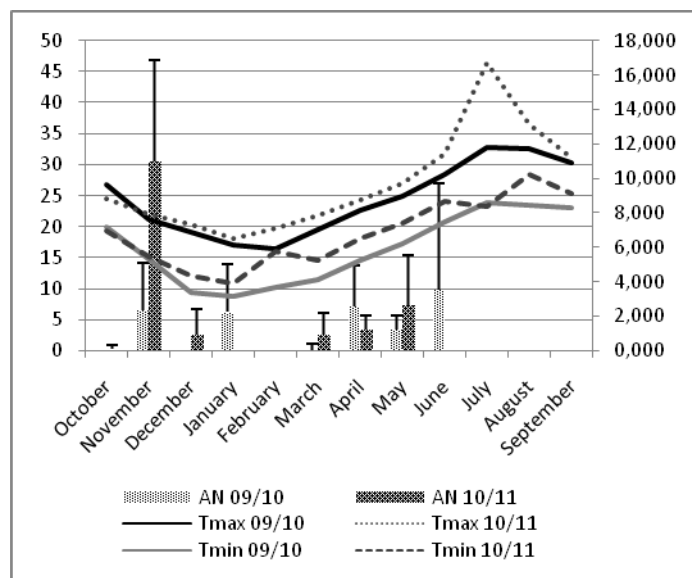


Figure 2. Variation of the attack number of *S. amygdali* with the Maximum and minimum T in Souassi during 2009/2010 and 2010/2011.

Maximum of adults was recorded in November 2010 (11 ± 5.85) (Figure 2) with a Max T of 22.08°C and a min T of 15.11°C (Figure 2), while it was 2.33 ± 2.7 in November 2009 (Figure 2) with a Max T of 21.17°C and a Min T of 14.79°C (Figure 2). The highest AN for the season 2009/2010 was observed in June 2010 with a value of 6.15 (Figure 2) in a Max T of 28.36°C and a Min T of 20.83°C (Figure 2). Three generations were observed, in the case of the first orchard. The overwintering generation (November to January) emerges to give a spring generation starting from March and then followed by a summer generation starting from May to June. *S. amygdali* attacks trees showing signs of stress. The adult flight may be influenced by the very hot temperature also the precipitation.

4. DISCUSSION

Temperature in Mahdia is usually marked by alternating two seasons. The winter, from December to April, is characterized by mild temperatures. Summer is characterized by high temperature. Saharan winds southwest (Shehili), hot and dry, are responsible for severe heat waves. The temperature of the southwest area including Souassi is marked by the alternation of two seasons and arid steppe character.

In this paper the life cycle of *S. amygdali* was investigated in relation with climatic changes. The life cycle of the almond bark beetle occurs in two phases; under the bark and in the air. Three generations of the almond bark beetle in the center of Tunisia were observed. *S. amygdali* emerge at air temperatures from 10 to 25°C . If after a period of cold weather, the air temperature suddenly rises, all adult beetles resulting from the overwinter population accumulated under the bark waiting for favorable conditions to fly, will suddenly emerge. The suddenly rise of temperature in spring directly influences the fly of beetle and the warm weather will therefore induce the spring generation. The spring generation was recorded starting from March to April with the summer generation which flies around May to June. The winter generation started in October and can extend until January in some cases. Population of *S. amygdali* hibernates as old larvae under the bark or in tunnels in the wood until they emerge in the spring. In Tunisia studying the same pest (Cherif and Trigui 1990) noticed the adult emergence from overwintering forms (first fly) begins in March. The other generations were observed is in May, July and in September if weather permits. In Morocco, Benazoun (1983) recorded on the same pest three generations per year with a generation from mid May - June to late in August. A generation was early in August to late September at least with the possibility of extension as conditions permit (Benazoun 1983). The greatest number of Dutch elm beetle infections occur during the May and June summer feeding. New adult beetle first emerges from its brood chamber in late July or early August at which time it feeds on healthy elm branches (James *et al.* 1984). *S. nitidus* has three generations per year in Kashmir (Buhroo 2007). Two generations of *S. scolytus* on elm (Beaver 1967) and also of *S. mali* on apple (Rudinsky *et al.* 1978) were described under European conditions.

However, *S. amygdali* had 4 generations annually on fruit trees of Baluchistan (Janjua and Samuel 1941) and 5 generations per year on pear trees in Egypt (Kinawy et al. 1991).

Studying the effect of climatic changes on the behavior of economic important pests is a priority in order to save our agriculture.

5. CONCLUSION

Knowing the life cycle of the almond bark beetle helps in its management. Researchers should develop a basic understanding of the pest biology in relation with climatic changes. Commercial orchards trees are affected; trees that are not protected from the pest will be damaged or killed in case of any rising T° due to the global warming.

Acknowledgment

The authors would like to thank the CRRHAB and the Olive Institute for the valuable help in the field and the laboratory work.

REFERENCES

- Baier P, Pennerstorfer J, Schopf A. (2007). PHENIPS – A comprehensive phenology model of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytinae) as a tools for hazard rating of bark beetle infestation. *Forest Ecology and Management*, 249:171–186.
- Balachowsky AS. (1949). Faune de France. Coléoptères Scolytides. Ed. P. Lechevalier, Paris, 320p. France.
- Beaver RA. (1967). Notes on the biology of the bark beetles attacking elm in Wytham Wood, Berks. *Entomologist's Monthly Magazine* 102: 156-162.
- Benazoun A and Schvester D. (1990). Biologie et cycle de *Scolytus* (*Ruguloscolytus*) *amygdali* GUERIN au Maroc. Actes de l'Institut Agronomique et Vétérinaire Hassan II, 10, 21-34. 5.
- Bolu H and Legalov AA. (2008). On the Cucurlionoidea (Coleoptera) fauna of Almond (*Amygdalus Communis* L.) Orchards in South-eastern and Eastern Anatolia in Turkey. *Baltic Journal of Coleopterology*. 8: 75-86.
- Boulila M, Marrakchi M. (2001). Detection and characterization of stone fruit virus diseases in Tunisia. *Phytopathologia Mediterranea*.40: 125-136.
- Buhroo AA and Lakatos F. (2007). On the biology of the bark beetle *Scolytus nitidus* Schedl (Coleoptera: Scolytidae) attacking apple orchards. *Acta Silvatica et Lignaria Hungarica*. 3: 65-74.
- Cherif R and Trigui A. (1990). *Ruguloscolytus amygdali* Guerin [*Scolytus amygdali*], scolytid of fruit trees in Noyau in the mid-southern regions of Tunisia. *Ann. Ins. Nat. Rech. Agr. Tun.* 63 (1). Note I. pp. 12 pp.
- James L. Hanulaa1 C and Berisforda W. (1984). Seasonal flight activity of the smaller European elm bark beetle *scolytus multistriatus* (Coleoptera: Scolytidae), and associates in Georgia. *The Canadian Entomologist*. 116 :1251-1258 DOI: <http://dx.doi.org/10.4039/Ent1161259-9>. September 1984 - Volume 116, Issue 09
- Janjua NA and Samuel CK. 1941. Fruit pests of Baluchistan. *Imperial Council of Agricultural Research Bulletin*.42: 12-28.
- Kinawy MM, Tadors AW, Abdallah FF. (1991). On the biology of the shot-hole bark beetle *Scolytus amygdali* Guer. (Coleoptera: Scolytidae) on pear trees in Egypt. *Bulletin of Faculty of Agriculture-University of Cairo*. 42: 119-128.
- MacLeod A, Evans HF, Baker RHA (2002). An analysis of pest risk from an Asian longhorn beetle (*Anoplophora glabripennis*) to hardwood trees in the European community. *Crop Protection*, 21: 635–645.
- Mohamed, M. (2009). Le climat agricole au Sahel tunisien et les changements climatiques. Mémoire. Université du Québec à Montréal, Maîtrise en géographie.147pp. Montréal (Québec, Canada).
- Netherer S., Schopf A. (2010). Potential effects of climate change on insect herbivores in European forests – General aspects and the pine processionary moth as specific example. *Forest Ecology and Management*. 259: 831–838.
- Olfert O, Weiss RM. (2006). Impact of climate change on potential distributions and relative abundances of *Oulema melanopus*, *Meligethes viridescens* and *Ceutorhynchus obstrictus* in Canada. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 113: 295–301.

- Picard F. (1921). Sur deux scolytes des arbres fruitiers et leurs parasites. Bulletin de la Société de pathologie végétale de France. 8: 16-19.
- Rudinsky JA, Vallo V, Ryker LC. (1978). Sound production in Scolytidae: Attraction and stridulation of *Scolytus mali* (Col. : Scolytidae). Zeitschrift für Angewandte Entomologie. 86: 381-391.
- Russo G. (1931). Contributo alla conoscenza degli Scolytidi II. Lo scoltide del mandorlo: *Scolytus amygdali* (Guér.). Note biologiche. Bollettino del Laboratorio di Zoologia Generale e Agraria della R. Istituto Superiore d'Agricoltura. Portici. 25:327-349
- Trnka M, Muška F, Semerádová D, Dubrovský M, Kocmánková E, Žalud Z. (2007). European Corn Borer life stage model: Regional estimates of pest development and spatial distribution under present and future climate. Ecological Modelling. 207: 61–84.
- Zante P, Nasri S, Lammachere JM, Boujnah D, Beal F, Ben Younes. (2007). LISAH: laboratory study of soil-system interactions agro-hydro system, UMR **LISAH** Seminar, 23-28 April 2007, Mahdia Tunisia Field Trip April 2007.
- Zeiri A, Braham M, Braham M. (2011). Laboratory Studies of the Almond Bark Beetle *Scolytus amygdali* Geurin-Meneville, (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) collected in the Center Region of Tunisia. International Journal of Entomology. 2 :23-30.

Etho-écologie de *Schistocerca gregaria* Forskål, 1775(Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) et *Locusta migratoria cinerascens* (Orthoptera, Oedipodinae) dans la région d'Adrar, Sud-ouest, Algérie

Aldjia Oudjiane^{1*}, Atika Guendouz-Benrima², Abdelmadjid Boulassel³, Fariza Boussad⁴

¹Institut National de la Recherche Agronomique, Oued Ghir, Bejaia Algérie

*Email : Aldjiaoudjiane77@yahoo.fr, aldjia.oudjiane2@inraa.dz

²Université Saad Dahleb, Département d'Agronomie, Blida, Algérie, atiguen@yahoo.fr

³Institut National de la Recherche Agronomique, Oued Ghir Bejaia, Algérie, boulassel_ma@yahoo.fr

⁴Ecole Nationale Agronomique d'El Harrach, Alger, bfariza15@yahoo.fr

RESUME

Le Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) et le Criquet migrateur *Locusta migratoria cinerascens* sont deux acridiens qui constituent une menace permanente pour l'agriculture, surtout dans les zones arides où les dégâts sont plus ressentis. La présente étude est effectuée dans la station Moulay Nadjem de la région d'Adrar. Notre choix est porté sur des lieux caractérisés par des microclimats différents afin de mieux maîtriser l'étude étho-écologique: palmeraie, milieu naturel, cultures de plein champ et les cultures sous pivots durant la période automnal-hivernal et hiverno-printanière. L'étude est portée sur une méthode d'échantillonnage à l'aide de filet fauchoir. Nous avons constaté, lors de cette étude des fluctuations des adultes de deux locustes avec la présence de *Locusta migratoria* durant les deux périodes d'échantillonnage et la présence de *S. gregaria* en période hiverno-printanière dans tous les milieux prospectés à l'exception des milieux naturels et la palmeraie. L'évaluation de la densité et l'analyse de la biométrie des deux espèces acridiennes ont révélés que les deux locustes sont à l'état *transiens dissociens* tendant vers l'état solitaire. L'étude du régime alimentaire des deux espèces nous a permis de constater que les espèces végétales les plus appréciées appartiennent à la famille des *Poaceae*.

Mots-clés: Adrar, Tsabit, *Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria*, Morphométrie, Fluctuation, Densité, Régime alimentaire.

SUMMARY

Locust *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) and the Locust migratory *Locusta migratoria cinerascens* are two locusts which are a constant threat to agriculture, especially where the damage is felt most arid. This study is performed in Moulay Nadjem station Adrar region. Our choice is focused on areas characterized by different microclimates in order to better control the etho-ecology study: palm, natural environment, field crops and crops under pivots during the autumn-winter and winter-spring period. The study is focused on a sampling method using a sweep net. We found, in this study the fluctuations of two adult locusts with the presence of *Locusta migratoria* during the two sampling periods and the presence of *S. gregaria* in winter-spring period in all areas surveyed except the natural environment and the palm. The evaluation of the density and the analysis of the biometrics of two locust species have revealed that the two locusts are the dissociens transient state tending towards the solitary state. The study of the diet of both species, we found that the most popular plant species belong to the family *Poaceae*.

Keywords: *Schistocerca gregaria*, *Locusta migratoria*, etho- ecology, Adrar, Algeria.

1. INTRODUCTION

A partir des années quatre-vingt, l'état Algérien a procédé au développement de l'agriculture dans le sud saharien par l'intensification des périmètres irrigués dans le but d'assurer un certain équilibre régional et un minimum de sécurité alimentaire. Cependant, la modernisation du secteur agricole dans ces zones aride sa entraîné l'apparition de nouveaux problèmes phytosanitaires. En effet, la céréaliculture sous pivots modifie fondamentalement les conditions physiques et constituent une cible privilégiée pour les insectes phytophages nomades et migrants tels que les acridiens, *Locusta migratoria cinerascens* (Linné, 1758) et *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775; Ould El Hadj, 2002). Ces espèces sont considérées comme des ravageurs très redoutables en raison de l'ampleur des dégâts qu'ils peuvent provoquer, en période d'invasion. En effet, ces derniers, peuvent être comparés

aux grands fléaux de l'humanité, aux inondations, aux tremblements de terre et aux épidémies. Lors de nos sorties d'études, on s'est intéressé spécialement au statut phasaire de deux locuste et leur régime alimentaire dans la région d'Adrar.

2. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

Les prospections acridiennes sont effectuées dans les zones où la présence de criquets est la plus probable. Adrar a connu cette dernière décennie l'installation massive des pivots d'irrigation pour les cultures céréalières et les cultures maraîchères. Cette situation a favorisé le développement de l'entomofaune phytophage ; c'est ce qui nous a permis de choisir la Station de Moulay Nadjem, caractérisée par une intense activité agricole. Des sorties et des échantillonnages ont été réalisés en mi-décembre 2007 et mi-mars 2008. Nos récoltes ont été faites à l'aide d'un filet fauchoir et une palme de palmier dattier pour avoir le maximum d'individus de *S. gregaria* et de *L. migratoria* rencontrés au hasard. Pour déterminer leurs états phasaires, nous avons calculé leurs indices morphométriques, utilisé l'échelle donnée par Dirsh (1953) cité par Gaout (1990) et l'échelle donnée par Uvarov (1966) in Allal-Benfekih, 2006 ainsi que les abaques morphométriques de (Duranton et Lecoq, 1990). Nous avons opté pour l'analyse des fragments d'épidermes contenus dans les fèces pour étudier le régime alimentaire de ces deux espèces acridiennes. Ces derniers sont mis individuellement, dans des sachets en plastique sur lesquels la date et le lieu de capture sont mentionnés. Ils sont conservés de cette manière pendant 24 heures pour vider leurs tubes digestifs. Afin d'identifier les débris végétaux contenus dans les fèces, il est nécessaire d'établir au préalable une épidermothèque de référence, à partir de toutes les espèces végétales dont dispose l'acridien dans son biotope.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Analyse biométrique des populations de *Schistocerca gregaria* et *Locusta migratoria cinerascens* durant l'année 2007- 2008.

Les résultats des mensurations morphométriques des mâles et des femelles de *S. gregaria* mentionnés dans le tableau 1.

Tableau 1. Moyennes des rapports morphométriques de *S. gregaria*

Dates des sorties	Sexes	Indices	
	nombre d'individus	E/F	F/C
10/12/2007	Mâles (0)	-	-
	Femelles (0)	-	-
16/03/2008	Mâles (07)	2,11±0,09	3,85±0,20
	Femelles (08)	2,07±0,09	4,04±0,19

La comparaison de la valeur moyenne des rapports E/F des individus mâles et femelles avec ceux de Dirsh et l'abaque morphométrique de Duranton et Lecoq 1990, laisse supposer que la population est à l'état *transiens dissociens*. De même, les abaques morphométriques montrent que les populations du Criquet pèlerin présentent des formes hétérogènes (Fig. 1). Ces résultats se rapprochent de ceux obtenus par Seddik (1995), qui mentionne que la population du Criquet pèlerin appartient à la phase *transiens* dans la station de Baamar à Adrar. De même, Ouchen (1995) a signalé que la population de cet acridien est à l'état *transiens dissocians* dans la région de Tamanrasset.

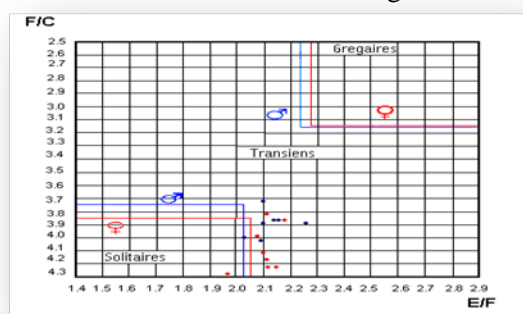


Figure 1. Abaque morphométrique des individus de *S. gregaria*

Tableau 2. Moyennes des rapports morphométriques de *L. migratoria cinerascens*

Station	Dates des sorties	Sexes	Indices	
		(nombre d'individus)	E/F	F/C
Moulay Nadjem	09/12/2007	Mâles (13)	1,81±0,06	3,76±0,20
		Femelles (10)	1,81±0,05	3,81±0,11
	16/03/2008	Mâles (18)	1,81±0,09	3,86±0,18
		Femelles (10)	1,80±0,06	3,65±0,22

Au cours des deux prospections (automne-hivernale et hiverno-printanière), les rapports morphométriques moyens de E/F et de F/C des individus du Criquet migrateur capturés dans la station d'étude et portés sur la table d'Uvarov (1966) in Allal-Benfekih, 2006, montrent que les individus appartiennent à la phase solitaire, par contre l'abaque morphométrique de Duranton et Lecoq, 1990 montre que la population du criquet migrateur est hétérogène (Fig.2). Ces résultats concordent avec ceux de Sid Amar (2008), qui signale que les populations du Criquet migrateur échantillonnées à Sbaihi et à Moulay Nadjem en 2007 sont constituées par des individus typiquement *transiens* avec des solitaires. Allal-Benfekih (2006), note que les individus de *Locusta migratoria cinerascens* n'ont jamais abouti à l'apparition d'une phase grégaire reconnaissable par des critères morphométriques, de coloration et de comportement.

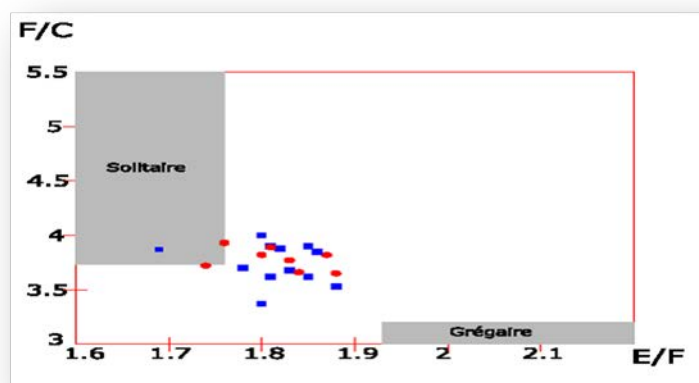


Fig.2 - Abaque morphométrique des individus *L. migratoria*

3.2. Etude quantitative du régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* durant la saison automno-hivernale dans la station de Moulay Nadjem (sous pivot)

Pour les femelles, *Triticum durum* L. est l'espèce la plus pâturée avec (100%) et en seconde position il y a *Hordeum vulgare* L. avec une fréquence d'occurrence de 30%, suivie par *Sorghum vulgare* L., *Vicia sicula* L. et Fam.sp.5 ind. avec (20%) pour chacune. Les moins consommées sont *Cynodon dactylon* (L).Pers. et *Sonchus oleraceus* L. a avec (10%) pour chacune.

Cinq espèces végétales sont quantifiées dans les fèces des mâles. Il s'agit de *Triticum durum* L avec (100%), *Hordeum vulgare* L. avec (40 %), *Cynodon dactylon* (L).Pers avec (20 %), *Sorghum vulgare* et Fam.sp.5 ind. avec (10 %) chacune. On remarque l'absence de *Vicia sicula* L et *Sonchus oleraceus* L. dans les fèces des individus mâles (Fig. 3).

Les *Cucurbitaceae*, *Silenoideae*, *Primulaceae*, *Asclepiadaceae*, *Solanaceae*, *Malvaceae*, sont complètement délaissées. Les *Cucurbitaceae* sont bien connues pour présenter des cucurbitacines (triterpènes-tétracycliques) jouant un rôle de défense contre les herbivores (Harborne, 1977, Tallamy et Krischik, 1989 in Ghaout, 1990).

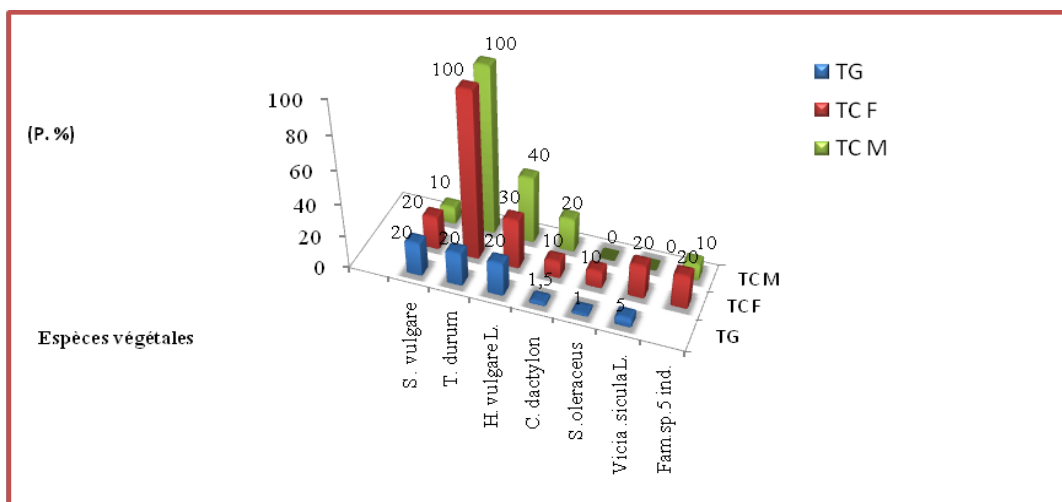


Figure 3. Taux de recouvrement et de consommation des espèces végétales consommées par *S. gregaria* dans les pivots

Guendouz-Benrima (2005) a retrouvé *Shouwia thebaica*, *Morettia canescens* et *Tribulus terrestris* avec une fréquence assez élevée dans les fèces des individus de *S. gregaria* récoltés au niveau des différents biotopes du Criquet pèlerin dans le Sud algérien, en l'occurrence le Hoggar. D'après, Kemassi et al. (2007), le régime alimentaire de *S. gregaria* et *L. migratoria* dans les cultures irriguées sous pivot dans la région de Ouargla a montré une tendance alimentaire de ces deux locustes vers les *Poaceae* et en particulier celles cultivées, pour *S. gregaria* vers l'orge (*Hordeum vulgare*) et le blé (*Triticum durum*) et pour *L. migratoria* vers le sorgho (*Sorghum vulgare*).

3.2. Etude quantitative du régime alimentaire de *Locusta migratoria* durant la saison automno- hivernale dans la station de Moulay Nadjem (sous pivot)

Il est à noter que parmi les 14 espèces végétales recensées dans la station de Moulay Nadjem réparties en 7 familles, nous remarquons que *Sorghum vulgare* L. est l'espèce végétale la mieux représentée sur le site expérimental du fait que nos échantillonnages ont été effectués au niveau d'un pivot de sorgho. Néanmoins la présence des plantes adventices appartenant à différentes familles botaniques, marque toute la périphérie cultivée. Les plantes sollicitées par le Criquet migrateur appartiennent à 2 familles dont la famille de *Poaceae* et la famille des *Asteraceae*. Cependant la fréquence des espèces végétales dans les fèces des mâles et femelles capturés au niveau du pivot de sorgho renseigne sur la présence de *Sorghum vulgare* L. dans toutes les fèces des individus avec une fréquence de 100%. Celle-ci est suivie par celle de *Lolium multiflorum* Lamk et de *Silybum marianum* (L.) Gaertn. avec respectivement 40 % et 20 % de fréquence chez les mâles et 30 % et 20 % de fréquence chez les femelles (Fig.4).

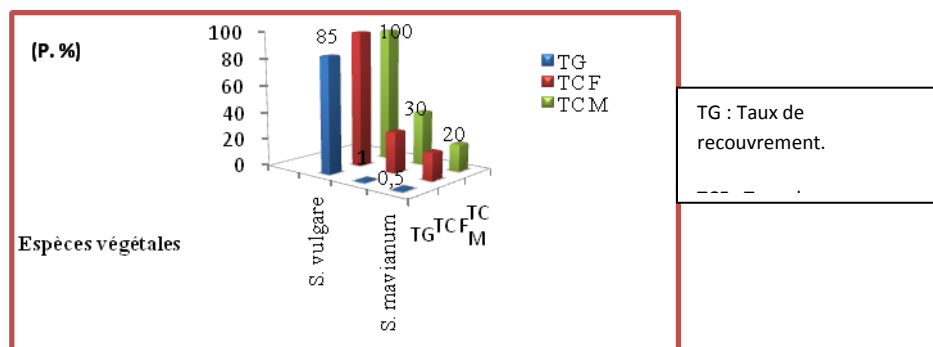


Figure 4. Taux de recouvrement et de consommation des espèces végétale consommées par les individus de *L. migratoria*

Locusta migratoria est une espèce graminivore (Blaney et Simmonds, 1985). Des dégâts sont surtout observés au niveau des céréales d'été sur le sorgho (Allal-Benfekih et al., 2003). Louveaux et al.

(1983) précisent que l'appétibilité pour une espèce végétale donnée peut être appliquée par la recherche de l'eau et des éléments nutritifs, dont les sucres qui jouent un rôle phagostimulant, notamment le saccharose.

4. CONCLUSION

Le Criquet pèlerin et le Criquet migrateur sont deux acridiens qui constituent une menace permanente pour l'agriculture. Pour faire face à leurs dégâts, actuellement la lutte préventive est le moyen le plus préconisé, pour cela, une bonne connaissance de la bio-écologie, de la dynamique, du comportement et des facteurs climatiques et écologiques qui agissent sur la pullulation de ces ravageurs est nécessaire.

L'étude des indices morphométriques de *S. gregaria* et *L. migratoria* nous a permis de conclure que les populations du Criquet pèlerin sont à l'état *transiens dissociens* avec une tendance vers l'état solitaire. Les individus du Criquet migrateur capturés dans la station d'étude sont principalement des solitaires. Par contre, les abaques morphométriques montrent que les populations du Criquet pèlerin et du Criquet migrateur sont des populations hétérogènes.

L'évaluation qualitative du régime alimentaire de *S. gregaria* et de *L. migratoria* à l'état solitaire au niveau des périmètres irrigués de la région d'Adrar nous a permis de constater que les espèces végétales les plus appréciées par les deux locustes appartiennent à la famille des *Poaceae*. Il est à noter que cette préférence est liée aux propriétés physiques et chimiques de la plante qui conviennent à leurs besoins nutritionnels et leurs stades biologiques. Nous avons remarqué que le régime alimentaire diffère en fonction des sexes des individus de même biotope. En effet, la composition floristique du milieu influe sur son régime alimentaire dans le sens où elle limite les possibilités du choix qu'il fait dans sa quête de nourriture.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALLAL- BENFEKIH L., (2006). Recherches quantitatives sur le criquet migrateur *Locusta migratoria* (Orth. Oedipodinae) dans le Sahara algérien. Perspectives de lutte biologique à l'aide de microorganismes pathogènes et de peptides synthétiques. Thès. Doc. Sci. Tech. Sant., Inst. Nati. Agro., El Harrach, 140p.
- ALLAL-BENFEKIH L, CHARA B., DOUMANDJIA-MITICHE B, (2003). Influence de l'anthropisation des biotopes et risques de pullulation du Criquet migrateur *Locusta migratoria* (L) (Orth.Oedipodinae) dans la Sahara Algérien. 5 ème Journées d'Acridologie. 05 mars 2003, Inst. Nati. Agro., El-Harrach, Alger, 26 p.
- BLANEY W.M et SIMMONDS M.S.J., (1985). Food selection by locusts: The role of Learning in rejection behaviour. Journ. Ent. app. n°39, pp.273-278.
- DURANTON J. F. et LECOQ M., (1990) Le criquet pèlerin au Sahel. Coll : Acridologie opérationnelle n° 6. Ed. Cirad / Prifas, Montpellier, 183 p.
- GHAOUT S., (1990). Contribution à l'étude des ressources trophiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) solitaire en Mauritanie occidentale et télédétection de ses biotopes par satellite. Thèse Doctorat d'Etat Es-Sciences, Paris XI (Orsay, France), 201 p.
- GUENDOUZ- BENRIMA A., (2005). Ecophysiologie et biogéographie du Criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Orthoptera, Acrididae) dans le sud Algérien. Thèse de Doctorat. Inst. nati. agro., El- Harrach, 210 p.
- Kara F. Z. (1997). Etude de quelques aspects écologiques et régime alimentaire de *Schistocerca gregaria* (Orthoptera, Cyrtacanthacridinae) dans la région d'Adrar et en conditions contrôlées. Thèse magister sc. agro., Inst. nat. agro., El Harrach, 182p.
- KEMASSI A, GUENDUZ-BENRIMA A et ALALL-BENFEKHIH L., (2007). Distribution spatio-temporelle et état phasaire de *Schistocerca gregaria* (LINNE, 1758) et *Locusta migratoria* (Orthoptera-Acididae) dans les périmètres irrigués sous pivot dans la région de Ouargla. Journées internationales sur la Zoologie Agricole et Foristière. 08- 10 Avril 2007, Inst. Nati. Agro., El-Harrach, p. 41
- OUCHEN D., (1995). Quelques aspects bio-écologiques de *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775) (Acrididae, Cyrtacanthacridinae) dans la région de Tamanrasset et en conditions contrôlées. Mem. Ing., Inst. nati. Agro., El Harrach, 85 p.
- OULD ELHADJ M.D., (2002). Les nouvelles formes de mise en valeur dans le Sahara algérien et le problème acridien. Science et changements planétaires / Sécheresse 13 : 37-42.

- SEDDIK A., (1995). Développement ovarien et charge alaire du criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* (Forsk., 1775) (Orthoptera, Acrididae). et du criquet migrateur *Locusta migratoria cinerascens* (Binnot et Finnot, 1889) (Orthoptera, Acrididae) à Adrar. Cycle biologique du criquet pèlerin au laboratoire. Mém. ing. agro., Int. nati. agro., El-Harrach, 154 p.
- SID AMAR A., (2008). Morphométrie et régime alimentaire de Criquet migrateur *Locusta migratoria cinerascens* Linné (1758) dans la région d'Adrar. Mém. ing. agro., Int. nati. agro., El-Harrach, 135 p.

Etude des insectes ravageurs dans la région méridionale des Aurès, Algérie sud

*Tarai N., Hadad A.

Laboratoire DEDSPAZA , Département d'Agronomie, Université Mohamed Khider, Biskra, Algérie

Email* : tarainacer@yahoo.fr

RESUME

La tomate et le piment sous-serre sont les principales cultures maraîchères dans la région méridionale des Aurès. Ces cultures sont menacées par des insectes ravageurs, l'aleurode des serres (*Bemisia tabaci*) et le puceron vert du pêcher (*Myzus persicae*). La bioécologie de ces derniers fait l'objet d'une étude menée dans cinq stations celles de Chaâiba, Oumache, Oasis de Biskra, Outaya et de Mzeraa en 2011 et 2012. L'effectif des adultes de *Bemisia tabaci* le plus élevé sur la variété de tomate zahra est de $7 \pm 0,44$ individus par plant. Il est de $8,22 \pm 0,35$ individus / plant sur la variété de tomate toufan. L'effectif le plus bas, soit $3,22 \pm 0,20$ par plant de zahra est compté et $4,33 \pm 0,30$ individus / plant sur la variété toufan. La moyenne des effectifs de *Myzus persicae* les plus élevées sont mentionnées avec 19,4 individus sur la variété zahra, 28,30 individus sur la variété toufan et 28,9 individus sur la variété de piment corn de gazelle. La moyenne des effectifs le plus faible est de 0,7 individu sur zahra, 4,1 individus sur toufan et 3,7 pucerons sur le piment, corne de gazelle.

Mots-clés: Tomate, piment, ravageurs, serriculture, Aurès.

1. INTRODUCTION

La région méridionale des Aurès constitue l'un des plus grands pôles de production des cultures maraîchères en Algérie en particulier de la tomate. Celle-ci a connu depuis deux décennies une évolution remarquable. Les rendements connaissent une évolution croissante. Ils sont passés d'une moyenne de 79 tonnes par hectare en 2002 à 86,7 tonnes par ha en 2003 (D.S.A. 2007). Cependant, cette culture est confrontée à une contrainte majeure qui est sa sensibilité aux climats chauds et humides (Djidji *et al.*, 2010). L'étude de la faune entomologique dans la région méridionale des Aurès est basée sur l'analyse bio-écologique des principaux ravageurs signalés sur les cultures maraîchères. Ce sont l'aleurode du tabac, *Bemisia tabaci* (Gennadius, 1889) et le puceron du pêcher, *Myzus persicae* (Sulzer, 1776).

Bemisia tabaci (Homoptera, Aleyrodidae), il est actuellement l'un des plus importants ravageurs sur les cultures maraîchères. C'est un insecte très polyphage, signalé aujourd'hui sur plus de 300 espèces de plantes, notamment sur le cotonnier, le haricot, le tournesol, l'aubergine, la pomme de terre, le poivron, le tabac, la tomate, les agrumes et diverses plantes ornementales (Alford, 1994). La fraîcheur réduit beaucoup son activité en particulier comme vecteur du géminivirus et du tomato yellow leaf curl virus (TYLCV, Geminiviridae, Begomovirus). Depuis 1997, le TYLCV est responsable de fortes infections sur les cultures de tomate dans l'Île de la Réunion (Delatte *et al.*, 2003). Il continue à envahir de nouvelles régions, principalement en Amérique du Sud (Polston et Anderson, 1999). Au Vénézuéla, la production de tomate a diminué de 50 % (Salas et Mendoza, 1995). En Algérie, d'après Ben Messaoud-Boukhalfa *et al.* (2000) dans la région sub-littorale, les pullulations des aleurodes des cultures légumières *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood, 1856) et *Bemisia tabaci* sont de plus en plus importantes dans toutes les régions à vocation maraîchère. *Myzus persicae* est insecte holocylique diécique. dont l'hôte primaire est le pêcher ou le prunier, il possède comme hôtes secondaires surtout des plantes herbacées annuelles. Dans les serres et dans les régions méridionales, *M. persicae* se perpétue par parthénogenèse. Les virginipares hivernent sur des plantes-hôtes secondaires (Hulle, 1999). La biologie de ce puceron dépend des conditions climatiques, en particulier de la température. La fécondité se réduit rapidement lorsque la température s'élève au-dessus de 30 °C sous-serre (Dionyssios et Dionyssios, 2004). Pour des raisons pratiques et méthodologiques une partie de la présente étude est axée sur la bio-écologie de *Myzus persicae* sous serre dont la connaissance est nécessaire si l'on veut entreprendre une lutte efficace.

2. MATERIELS ET METHODES

L'étude de la dynamique des populations des aleurodes sous-serre, nécessite le comptage des adultes de *B. tabaci* sur les feuilles d'un échantillon de neuf plants choisis au hasard sur chaque variété. Cette

technique d'échantillonnage est proposée par (Abisgold et Fischpool, 1990; Von Arx *et al.*, 1984). Aussi, les différentes formes larvaires de *B. tabaci* ont été dénombrées sur une seule feuille par plante. L'étude de la dynamique des populations de *Myzus persicae* nécessite la mise en place de 30 bacs rectangulaires de 0,6 m x 0,4 m x 0,15 m dont 10 bacs pour chacune des variétés de tomate, toufan et zahra et 10 bacs pour le piment corne de gazelle. Cette technique est proposée par Weigand et Bichara (1991). Chaque bac est rempli aux deux tiers d'eau additionnée d'un peu de détergent. Ils sont placés à deux hauteurs différentes, les uns au ras du sol et les autres à 0,7 m de haut.

3. RESULTATS AND DISCUSSION

La présente étude est basée sur le dénombrement des adultes et des larves et de *Bemisia tabaci*. Les deux variétés de tomate, zahra et toufan plantées dans la région sont étudiées. La première période d'échantillonnage va de la mi-mars au premier avril et de la mi-octobre à la mi-novembre 2011. La deuxième période d'échantillonnage allant du premier mars à la mi-mars et de la mi-octobre à la mi-novembre 2012. Le comptage des adultes de *Bemisia tabaci* menée lors des deux périodes d'échantillonnage, l'une printanière et l'autre automnale, montre que l'effectif est élevé durant le printemps (Fig. 1). L'étude réalisée par NZI *et al.* (2010) en Côte d'Ivoire, montre que le nombre d'adultes de *Bemisia tabaci* est de 9 individus par plant au moment du semis en mars. Gerling (1967) et Hill (1968) montrent que l'évolution de la population de *Bemisia tabaci* passe par trois périodes distinctes, celle de la croissance exponentielle, celle de stabilité de la taille des populations et celle de la diminution finale accompagnant la sénescence des plantes. Au niveau de la région méridionale des Aurès, le premier pic d'évolution de *Bemisia tabaci* pour la variété toufan correspond à $8,22 \pm 0,35$ par plant, enregistré le 15 mars 2011. La période de stabilité de la population est notée le 1 avril, durant laquelle $4,11 \pm 0,35$ individus par plant sont comptés. De même durant l'année 2004, $4,89 \pm 0,19$ individus / plant sont enregistrés pour la variété toufan. $3,56 \pm 0,20$ individus / plant sont comptés pour la variété zahra en avril. Par contre en mars $5,78 \pm 0,31$ individus par plant sont notés pour la variété toufan et $5,67 \pm 0,43$ individus/plant pour la variété zahra (Fig.1). L'effectif des larves de *Bemisia tabaci* sur les deux variétés de la tomate plantées sous serre, zahra et toufan est faible, durant la période d'échantillonnage automnale, malgré que la plantation de la tomate en pépinière sous serre ait débuté à la fin d'août. L'effectif global des larves devient important dès la mi-mars, soit pour la variété zahra que pour toufan (Fig. 2).

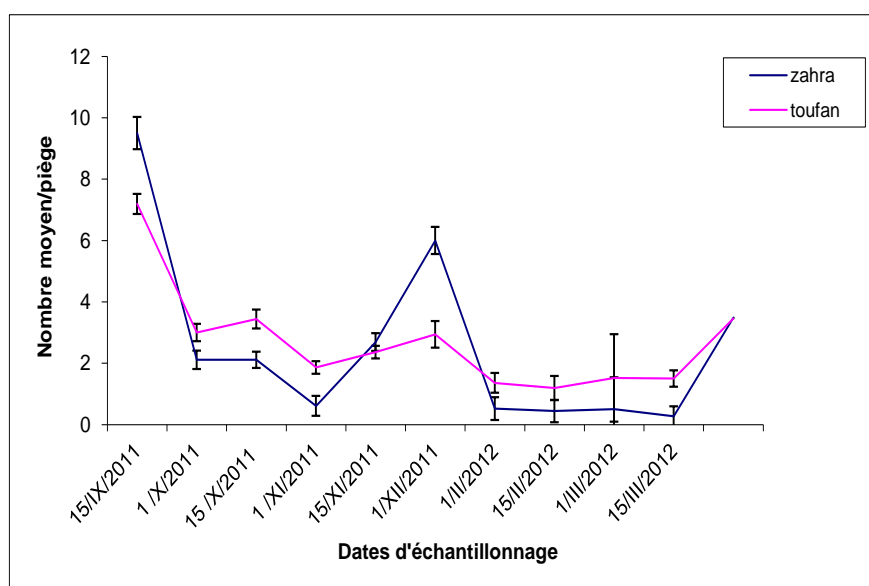


Figure 1. Moyenne des effectifs (\pm écart à la moyenne) des adultes de *Bemisia tabaci* en fonction des variétés de tomate, zahra et toufan.

La répartition des larves de *B. tabaci* sous serre est faite en foyers. De même la migration sur de courtes distances à l'intérieur de la serre semble dépendre de la direction du courant d'air durant l'aération de cette dernière (Byrne *et al.*, 1996). La population des larves de *Bemisia tabaci* connaît d'abord une phase ascendante, ensuite une phase de décroissance. Au niveau de la présente étude, le

nombre le plus élevé est de $4 \pm 0,32$ individus par plant moyenne de neuf pieds de la variété toufan pris au hasard en 2011. Pour la variété zahra, durant la même période, $3,44 \pm 0,52$ individus par plant sont signalés sur un total de 31 individus de *Bemisia tabaci*. La présence d'éléments nutritifs indispensables à la croissance de la tomate sous-serre permet aux populations de larves d'aleurodes d'atteindre rapidement de fortes densités (Burban, 1991; Nakhla et Maxwell, 1998). L'effectif moyen le plus faible compté sur la variété toufan est de $1,33 \pm 0,39$ individus par plant sur un total de 12 individus de *Bemisia tabaci* enregistrés le 1 novembre 2012. Sur la variété zahra l'effectif le plus faible est de $1,44 \pm 0,37$ individus par plant sur un total de 13 individus de *Bemisia tabaci* comptés la mi octobre 2012. L'effectif de la population des larves de la mouche blanche reste faible durant les périodes de plantation automnales pour les deux variétés. Par contre le niveau de population de *Bemisia tabaci* apparaît élevé au printemps autant en 2011 qu'en 2012.

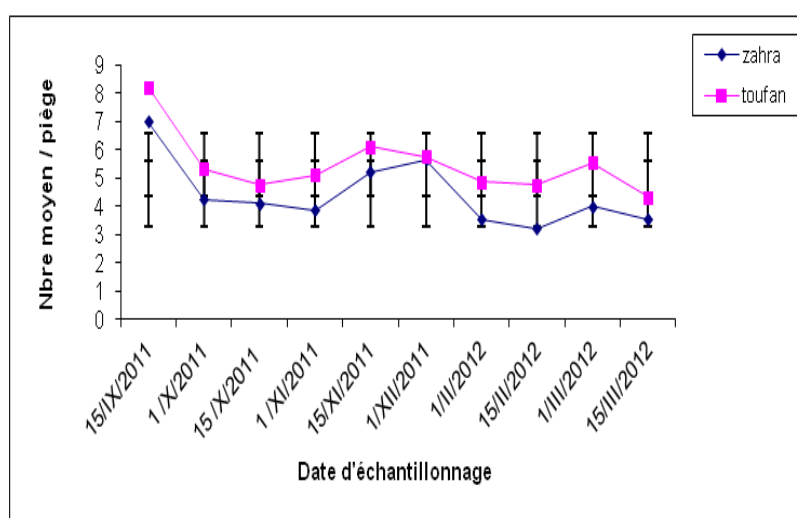


Figure 2. Moyenne des effectifs (\pm écart à la moyenne) des larves de *Bemisia tabaci* en fonction des variétés de tomate, zahra et toufan.

Le comptage des individus ailés de *Myzus persicae*, durant la période d'échantillonnage, au niveau de la station de Mzeraa, montrent que l'effectif de la population est élevé durant le mois de novembre, pour les deux variétés de tomate plantées sous serre, toufan et zahra. Il en est de même pour le piment, corne de gazelle (Fig.3). La moyenne des effectifs le plus élevé de la population de *Myzus persicae*, soit 19,4 individus compté sur tomate sous serre, la variété zahra, le 15 novembre 2012. Parallèlement sur la variété toufan, la moyenne des effectifs de la population la plus élevée est de 28,30 individus, notée à la même date. De même pour le piment de la variété corne de gazelle, la moyenne des effectifs de la population la plus élevée est de 28,9 individus comptés le 15 novembre 2012. En effet, la moyenne des effectifs de la population le plus faible avec 0,7 individu, mentionnée le 15 octobre 2012. Par contre, la moyenne des effectifs la plus faible pour la variété toufan est de 4,1 individus comptés à la mi-mars 2011. Par ailleurs, la moyenne des effectifs le plus faible pour le piment, corne de gazelle est de 3,7 individus comptés le 15 mars 2011. L'évolution des populations est comparable sur les trois variétés (Fig. 3). L'évolution des populations de *Myzus persicae* dans la région d'étude sur les deux variétés de tomate étudiées, zahra et toufan sont comparables. Pourtant, l'effectif de la population est faible sur la tomate surtout sur la variété zahra par rapport au piment de la variété corne de gazelle. Le nombre moyen d'individus par piège le plus élevé est de 19,4 individus comptés sur la variété zahra, le 15 novembre 2012, alors que pour la variété toufan, le nombre moyen est de 28,30 individus par piège, comptés à la même date. Par contre sur le piment de la variété corne de gazelle, le nombre moyen est de 28,9 individus comptés également le 15 novembre 2012. Par ailleurs, l'effectif de la population de *Myzus persicae* le plus faible est enregistré à la mi-mars, aussi bien en 2011 qu'en 2012. Pour la variété zahra, 2,30 individus par piège sont comptés le 15 mars 2011 et 2,20 pucerons le 15 mars 2012. Il en est de même, pour la variété toufan, 4,10 individus par piège sont mentionnés le 15 mars 2011 et 8,30 en 2012. Par contre, au début d'avril l'effectif des ailés devient élevé avec 5,40 individus par piège sur la variété zahra et 13,4 pucerons pour la variété toufan en 2011. En 2012, le nombre moyen est de 16,3 individus comptés sur la variété zahra et 26,6 pucerons sur toufan. Pour le

piment corne de gazelle, l'augmentation de l'effectif de *M. persicae* en avril est marquée. En effet, 8,20 individus par piège sont enregistrés en 2011 et 23,3 individus en 2012. BELDA *et al.* (1994) mentionnent qu'à Almería en Espagne, sur la tomate et la pastèque sous-serre, le nombre de *Myzus persicae* le plus élevé est de 550,5 individus par piège, moyenne de 8 pièges comptés en juillet 1994. Par contre le nombre moyen le plus faible est de 1,3 individu par piège enregistré en août. Les derniers auteurs cités signalent que durant la fin d'octobre le nombre moyen des individus de *Myzus persicae* est de 47,0 individus par piège. L'effectif moyen devient 81,6 pucerons par piège au début de novembre. Les résultats obtenus par Belda *et al.* (1994) en octobre et en novembre sur la tomate et la pastèque à Almería sont proches de ceux mentionnés sur la tomate de la variété toufan et sur le piment corne de gazelle dans la région de Mzeraa durant la même période d'échantillonnage. Quiroz *et al.* (2005) mentionnent que le nombre moyen des effectifs de *Myzus persicae* est important au début de la saison de plantation du poivron sous-serre au niveau de la région de Coquimbo au Chili. Selon les derniers auteurs, 71,8 individus par piège comptés en octobre et 32,4 pucerons en novembre 2012. Au contraire, dans la région d'étude, le nombre moyen des individus de *Myzus persicae* en octobre est de 11,2 en 2011 et de 7,3 en 2012. Cette valeur moyenne s'élève en novembre avec 20,4 pucerons par piège enregistrée le 1 novembre et 18,5 individus le 15 novembre 2011. En 2012, le nombre moyen des pucerons atteint 24,7 mentionné le 1 novembre et 28,9 individus le 15 novembre (Fig.3).

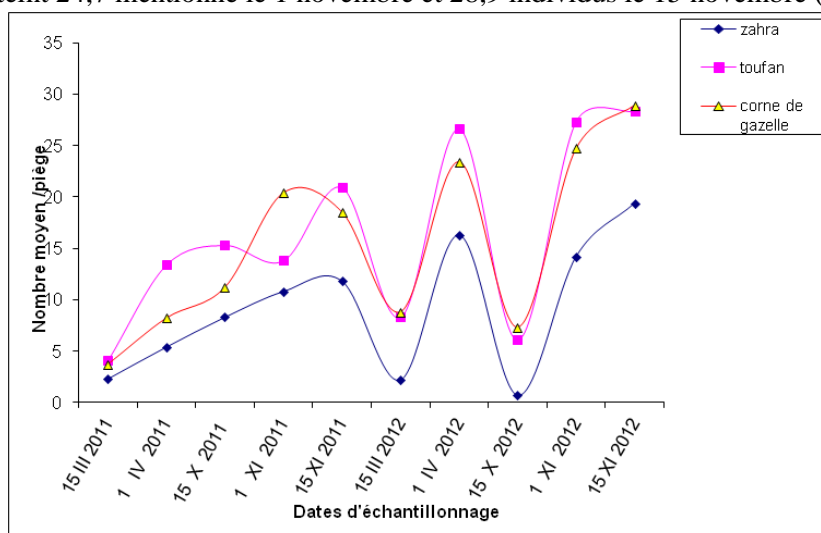


Figure 3. Nombre moyen par piège des aîlés de *Myzus persicae* sur tomate(zahra - toufan) et piment (corne de gazelle)

L'effectif élevé de *M. persicae* sur le piment peut être expliqué par la libération des substances volatiles et par la couleur de cette plante par rapport à la tomate. KRING (1972) montre que les aîlés sont attirés vers une plante en fonction de sa couleur ou des substances volatiles qu'elle émet. Il est à signaler qu'une résistance variétale vis à vis de *Myzus persicae* est signalée (Auclair, 1989). De même la résistance contre *Myzus persicae* est signalée chez certaines variétés de pêchers (Massonnie *et al.*, 1984; Rahbe *et al.*, 1988). En effet, les deux variétés de tomate étudiées sont recherchées par le puceron vert du pêcher. Un nombre moyen faible est enregistré à la mi-mars. Il peut être expliqué par la première apparition des aîlés après la fin de la période hivernale.

4. CONCLUSION

Parmi les principaux ravageurs des cultures de tomate sous serre dans la région méridionale des Aurès est l'aleurode des serre *Bemisia tabaci* et *Myzus persicae*. Deux facteurs essentielles peuvent être évoqués pour expliquer l'évolution de *Bemisia tabaci* sous serre. Premièrement les conditions climatiques favorables durant les périodes printanière et automnale, est deuxièmement la phénologie de la plante hôtes. En effet, l'étude de l'évolution des populations des adultes de *Bemisia tabaci* sur deux variétés de tomate, toufan et zahra, montre que l'effectif le plus élevé des adultes est enregistré durant le mois de mars. Par ailleurs, les effectifs de la population de la mouche blanche restent faibles durant les 3 dates de plantations automnales, sont celles du 15 octobre, du 1 novembre et du 15 novembre 2011, pour les deux variétés. En 2012, l'effectif de la population de la mouche blanche

demeure bas par rapport à 2011. *Bemisia tabaci* à l'état adulte reste présente durant toutes les dates d'échantillonnage, sur les deux variétés toufan et zahra. Il est à mentionné quel effectif des larves de *Bemisia tabaci* sur les deux variétés de la tomate plantées sous serre, zahra et toufan est faible, durant la période d'échantillonnage automnale, malgré que la plantation de la tomate en pépinière sous serre ait débuté à la fin d'août. L'effectif global des larves devient important dès la mi-mars, soit pour la variété zahra que pour toufan. L'étude de l'évolution des populations des aîlés de *Myzus persicae* montre que l'effectif de la population est élevé durant le mois de novembre, pour les deux variétés de tomate plantées sous serre, toufan et zahra. De même pour le piment, corn de gazelle. L'effectif de la population est faible sur tomate par rapport au piment, surtout chez la variété zahra.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abisgold J. and Fishpool L., (1990) : A method for estimating population sizes of whitefly nymphs (*Bemisia tabaci* Genn.) on Cassava. *Rev. Trop. pest manag.*, Vol. 36 (3) : 287 - 292.
- Alford D., (1994) : Ravageurs des végétaux d'ornement. Arbres, arbustes, fleurs. Ed. Institut Nati. Rech. Agro. (INRA), Paris, 464 p
- Auclair J., (1989) : *Host Plant Resistance, in Greenhouses, in World Crop Pests*. Ed. Elsevier, Amsterdam, pp. 225-265.
- Belda J., Aguirre A., Mirasol E. y Cabello T., (1994) : Dinamica de poblacion de pulgones alados (Hom. : Aphididae) en cultivos del levante de Almeria. *Bull. San. Veg., Plagas*, Vol. 20 : 329 - 337.
- Benmessaoud-Boukhalfa H., Benmessaoud K. et Belcace N., (2000) : Etude comparative de la répartition spatio-temporelle de deux aleurodes des cultures légumières *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) et *Bemisia tabaci* (Gennadius) (Homoptera ,Aleyrodidae) sur tomate. *Bull. Mediterranean Climate*, Vol. 23 (1) : 125 - 131.
- Burban C., (1991) : *Structuration des populations chez un insecte polyphage: Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae). Thèse Doctorat, Univ. Montpellier II, Sci. Tech., Languedoc, 103 p.
- Byrne D., Rathman R., Orum T. and Palumbo J., (1996) : Localized migration and dispersal by the sweet potato whitefly *Bemisia tabaci*. *Rev. Oecologia*, Vol. 105 : 320 - 328.
- Dellate H., Dalmon A., Rist D., Soustrade I., Wuster G., Lett J., Goldbach R., Peterschmitt M. and Reynaud B., (2003) : Tomato yellow leaf curl virus can be acquired and transmitted by *Bemisia tabaci* (Gennadius) from tomato fruit. *J. Plant Dis.*, Vol., 87 : 1297 – 1300.
- Dionyssios C. and Dionyssios L., (2004) : *Myzus persicae* (Homoptera: Aphididae) as Suitable Prey for *Macrolophus pygmaeus* (Hemiptera: Miridae) Population Increase on Pepper Plants. *J. Environmental Entomology*, Vol., 33 (3) : 499 - 505.
- Djidji A., Zohouri G., Fondio L., Nzi J. et Kouame C., (2010) : Effet de l'abri sur le comportement de la tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en saison pluvieuse dans le Sud de la Côte- d'Ivoire. *Journal Applied Biosciences*, Vol. 25 : 1557 – 1564.
- D.S.A., (2007) : Bilan final de suivi des cultures sous serre, campagne 2006/2007. Direction serv. agri. (D.S.A.), Biskra, 2 p
- Gerling D., (1967) : Bionomics of the whitefly parasite complex asociated with cotton in southern California (Homoptera: Aleurodidae): Hymenoptera: Aphelinidae). *Ann. Entomol. Soc. America*, Vol. 60 : 1306 - 1321.
- Hill B., (1968) : Occurrence of *Bemisia tabaci* (Genn.) in the field and its relation to the leaf curl disease of tobacco. *J. Afr. sc. agric*. Vol. 11: 583 - 594.
- Hulle M. (1999) : *Les pucerons des plantes maraîchères*. Ed. Institut national rech. agro, Paris, 134 p.
- Kring J., (1972) : Flight behaviour of aphids. *Ann. Rev. Entomol.* Vol., 17 : 461 - 492.
- Massonie G., Monet R., Bastard Y. et Maison P., (1984) : Hérité de la réaction d'hypersensibilité du pêcher *Prunus persica* (L.) Batsch à *Myzus persicae* Sulzer. *Bull. Organisation internati. Lutte biol. (Oilb/Srop)*, 7 : 69.
- Nakhla M. and Maxwell D., (1998) : Epidemiology and management of tomato yellow leaf curl disease. *J. Plant Virus Disease, St Paul, Mn*, : 565 - 583.
- Nzi J., Kouamé C., N'Guetta S., FONDIO L., Djidji H. et Sangare A., (2010) : Evolution des populations de *Bemisia tabaci* Genn. selon les variétés de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) au Centre de la Côte d'Ivoire. *J. sc., natu.*, Vol. 7 (1) : 31– 40.

- Polsten J. and Anderson P., (1999) : Surgimiento y distribucion de germinivirus transmitidos por mosca blanca en el hemisferio Occidental. Manejo Integrado de Plagas Agroecologia , Costa Rica , Vol. 53 : 24 - 42.
- Quiroz C., Larrain P. y Sepulveda P., (2005) : Abundancia estacional de insectos vectores de virosis en dos ecosistemas de pimienta (*Capsicum annuum* L.) de la region de Coquimbo, Chile. *J. Agri. Tec., Chili*, Vol. 65 (1) : 3 - 19.
- Rahbe Y., Febvay G., Delobel B., Boumoville R., (1988) : *Acyrtosiphon pisum* performance in response to the sugar and amino acid composition of artificial diets, and its relation to Lucerne varietal resistance. *J. Entomol. Exp. Appl.*, Vol. 48, (3) : 283 – 292.
- Salas J. y Mendoza O., (1995) : Reporte de Venezuela. *Rev. C.e.i.b.a.*, Vol. 36 : 49 – 50.
- Von Arx R., Baumgärtner L., Delucchi V., (1984) : Sampling of *Bemisia tabaci* (Gennadius) in Sudanese cotton fields. *J. Econom. Entomol.* Vol., 77 : 1130 - 1136.
- Weigand S. and Bichara S. L., (1991) : Statute of insect pests of faba bean in the Mediterranean region and method of control. *Options Mediteranéennes – série séminaires*, (10) : 67 - 74.

Etude de la diversité des nématodes phytophage de cultures maraichères et l'effet de rotation sur leur développement dans le nord de l'Algérie

Berrabah D., Hammache M., Hoceini F.

Institut National Agronomique INA, département de Zoologie Agricole et Forestière INA .Alger

Email : Bdj1ina@yahoo.fr

RESUME

En Algérie les cultures maraichères occupent une place importante dans l'alimentation quotidienne des algériens. Néanmoins, la production totale de cette culture reste insuffisante ; et afin de réaliser cette dépendance l'installation de plasticulture s'avère indispensable. Mais cette production des principaux légumes fait face aux différents types des parasites dont les nématodes phytoparasites causent des dégâts selon leurs densités et leurs diversités. Ces dégâts varient selon les conditions climatiques, édaphiques et les pratiques culturales. Pour cela, il est nécessaire d'avoir des informations sur l'importance de l'itinéraire technique suivi (rotation, jachère et lutte chimique) pour garder le degré d'infestation de ces parasites au dessous du seuil de nuisibilité.

L'étude du peuplement nématologique associée aux cultures maraichères a été réalisée au cours de la campagne 2008/2009 dans trois stations privées dans la région de Tipaza (Hadjout). Les échantillons du sol ont porté sur des prélèvements élémentaires de 200 à 300 g de sol récoltés pour chaque parcelle au niveau de la rhizosphère des plants. L'inventaire des nématodes phytophages associés aux cultures maraichères dans les trois stations de la zone de Tipaza nous a permis de recensé la présence de 07 genres de nématodes : *Globodera*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Aglenchus*, *Ditylenchus* et *Xiphinema* avec des densités qui varient en fonction des sites et l'itinéraire technique suivi.

Mots clés : culture maraichère; nématodes; seuil de nuisibilité.

SUMMARY

In Algeria, vegetable crops present an important place in the daily diet of Algerians. However, the total production of this crop is still insufficient, and to achieve this dependence installing green-house is essential. But this production of major vegetables faced different types of parasites that plant-parasitic nematodes cause damage by their densities and diversities. This varies depending on climatic conditions, soil and farming practices. For this it is necessary to have information on the importance of technical itinerary (rotation, fallow and chemical control) to keep the infestation of these pests below the economic threshold. The study of nematode population associated with vegetable crops was conducted during the 2008/2009 campaign in three private areas in the town of Tipaza (Hadjout). The soil samples have focused on primary samples of 200 to 300 g of soil collected for each plot at the rhizosphere of plants.

The inventory of phytophagous nematodes associated with vegetable crops in these three areas we allowed to identify the presence of 07 types of nematodes *Globodera*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Aglenchus*, *Ditylenchus* and *Xiphinema* with densities ranging depending on the site and technical itinerary.

Keywords: vegetable growing; nematodes; damage threshold.

1. INTRODUCTION

Les cultures maraichères, plus particulièrement la pomme de terre et la tomate, sont très importantes de point de vue économique et agro-nutritionnel dans tous les pays. En Algérie, la pomme de terre présente un aliment de base, elle occupe la première place dans la production maraichère avec une production de 14 millions de quintaux suivie par la tomate avec une production de 7 millions de quintaux en 2007 (Anonyme 2007).

Dans notre région d'étude (Tipaza), la pomme de terre est la première spéculation dans l'agriculture en matière de superficie moyenne de 1480,75 ha évaluée à 18,83 % de la superficie totale avec une production de 182 234,16 qx/an (21,28 % de la production nationale). Quant à la tomate, elle occupe une superficie annuelle moyenne de 356,75 ha soit 16,38 % de la superficie nationale et une production moyenne de 201 898,41 qx/an (20,57 % de la production nationale) (MADR 2004).

Ces deux cultures souffrent de plusieurs maladies et ravageurs comme les insectes, les acariens et les nématodes à kystes et à galles. Ces nématodes peuvent cause une baisse de rendements du fait de leur pullulation qui s'accroît par l'installation des plasticultures favorisant les conditions climatiques (l'humidité, la température) ainsi que les conditions édaphiques.

L'objectif de cette étude est de déterminer les principaux nématodes phytoparasites associées aux cultures maraîchères dans des stations dans la wilaya de Hadjout et d'étudier l'effet de rotation sur la structure du peuplement de nématode dans le sol.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Méthodes d'échantillonnage

L'inventaire des nématodes phytophages associés aux cultures maraîchères a été réalisé dans trois stations de la wilaya de Tipaza. Les stations choisies pour notre étude sont: la station de production de cultures maraîchères de Nador, le domaine de Si Bilal et le domaine Berkane.

Pour réaliser cette étude faunistique, nous avons prélevés un échantillon mixte composé de sous échantillons d'un poids de 200 à 300 g de sol à raison d'un échantillon tout les 10m sur projection en diagonale de la parcelle (unité culturale). Les prélèvements de sol sont réalisés dans la rhizosphère des plants à une profondeur entre 10 et 30 cm du sol. Ces deniers sont réunis en un seul échantillon dans un sac référence (la date, le lieu, la culture et la culture précédente).

2.2. Extraction des kystes et des Nématodes filiformes

2.2.1. Extraction des kystes

Pour extraire les kystes, nous avons utilisé la technique Fenwick (1940)et modifié par Oostenbrink 1960. Dans l'appareil, un échantillon de sol séché à l'air libre est placé sur un tamis à maille de 1 mm, mouillé et entraîné par un fort jet d'eau dans le corps de l'appareil. On attend au moins 2 minutes pour permettre aux Kystes de monter en surface, puis on apporte à nouveau de l'eau de façon que les kystes et les autres matériaux flottants soient entraînés avec les eaux qui débordent dans la gouttière et s'écoulent de là dans un autre tamis de 250 μ m. Le refus de ce tamis sera collecté sur papier filtre, séché et on procède à l'extraction des kystes (Figure 1).

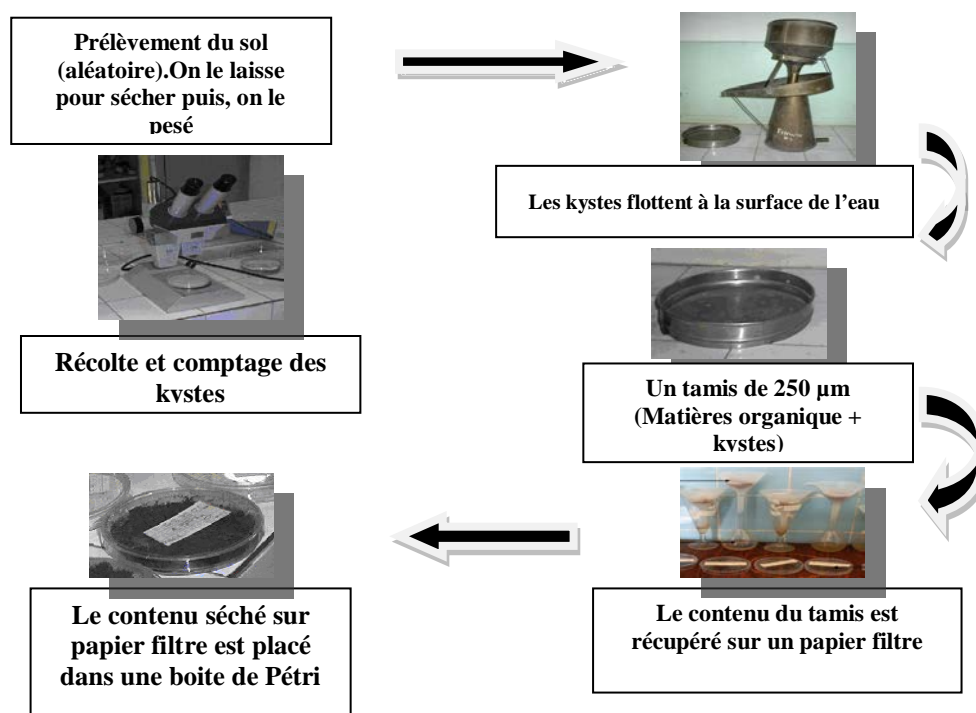


Figure 1. Les étapes d'extraction des kystes

espèce) est considéré comme fréquent abondant lorsqu'il apparait dans plus de 30 % des échantillons avec une densité moyenne de 300 individus.

La fréquence : correspond au pourcentage d'échantillons dans lesquels le genre ou l'espèce a été trouvée. Le seuil de fréquence dans le sol et les racines est 30%.

L'abondance : correspond au logarithme décimale ($\log N$), où N est la moyenne des effectifs des genres dans les échantillons où ils ont été trouvés. Le seuil d'abondance est de 300 individus par dm^3 de sol ($\log 300 = 2,47 \text{ N/dm}^3$).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Evaluation de l'infestation de trois parcelles de la région de Tipaza par les nématodes dorés de la pomme de terre

Nous avons effectué une étude prospective dans la région de Tipaza, afin d'estimer la densité des nématodes à kystes du genre *Globodera* et effectuer une comparaison de l'état d'infestation entre les trois parcelles situées dans cette région dont la culture en place dans la station de Nador est tomate (culture précédente : pomme de terre) et la pomme de terre dans les deux autres stations (culture précédente : cucurbitacées). Les résultats relatifs au nombre d'échantillons de sol prélevés par parcelle et l'état des kystes ainsi que la densité moyenne sont consignés dans la figure 3.

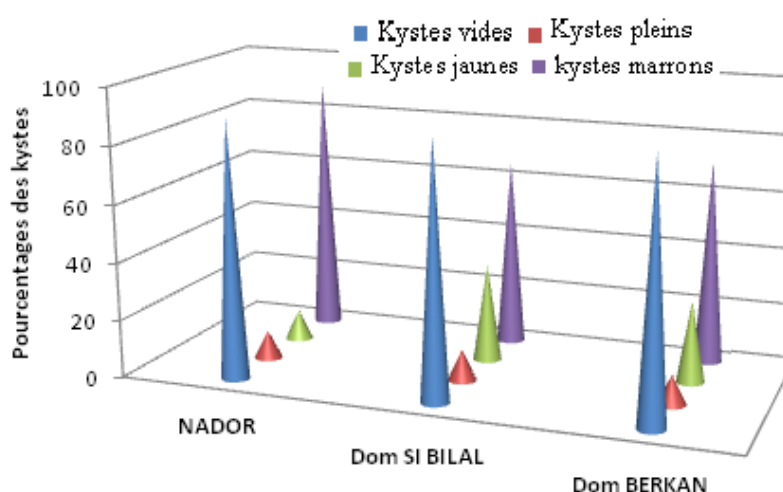


Figure 3. Comparaison de l'état des kystes entre les trois stations

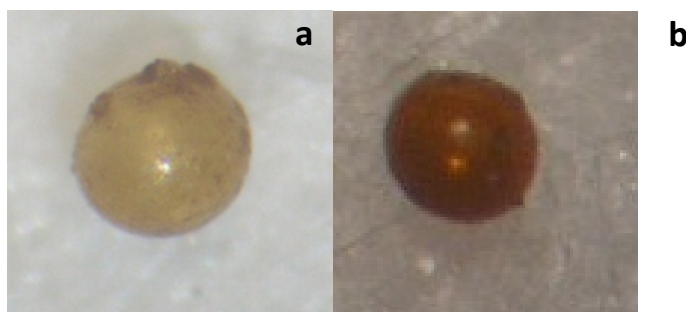
Dans la parcelle de Nador l'analyse nématologique révèle la présence des kystes du genre *Globodera* avec une densité moyenne de 39 kystes/kg du sol. Le nombre moyen de kystes vides est de 36 kystes/kg; ce qui représente 90.18 % et les kystes pleins représentent 9.82 %. En se basant sur la couleur, les kystes de couleur marron marquent leurs présences avec un pourcentage de 89.64 % et les kystes jaunes avec un pourcentage de 10,36 %.

Concernant la parcelle appartenant au domaine de Si Bilal, les trois échantillons présentent des kystes du genre *Globodera* avec une densité de 14 kystes/kg du sol. Pour l'état des kystes, les kystes vides représentent la grande partie avec 89,06 % et les kystes pleins de 10,93 % et pour la couleur, les marrons constituent la majorité de 65,66 % et les jaunes de 34,34 %.

Pour la parcelle du domaine de Berkane, nous avons prélevé trois échantillons de sol d'un poids de 5428 g. L'analyse révèle l'infestation du sol par les *Globodera* avec une densité moyenne de 15 kystes par 1000 g. Pour la couleur, les kystes marron représentent 71,55 % et «kystes jaunes 28,45 % de la totalité des kystes. Les kystes vides représentent la majorité ^{av} 89,66 % et les kystes pleins 10,34 %.



Deux Kystes marrons plein et vide sous loup binoculaires Gr. X 63



Kyste jaune vide sous loup binoculaires (a: Kyste jaune, b: Kyste marron) Gr. X 63

3.3. Evaluation de l'infestation de deux parcelles de la région de Tipaza par les nématodes filiformes

Ce travail constitue une des premières approches en Algérie pour l'inventaire général des espèces de nématodes des cultures maraîchères.

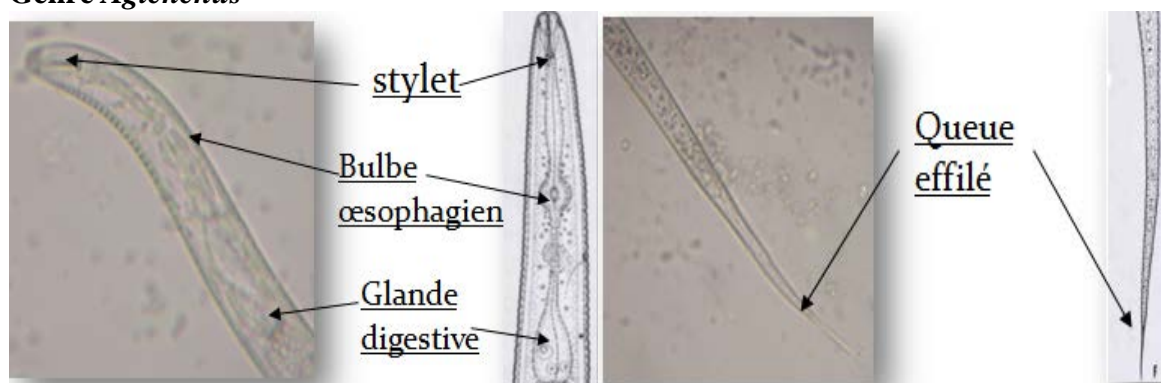
3.2.1. Détermination de quelques espèces de nématodes filiformes

L'identification des genres de nématodes phytoparasites est basée sur l'identification morphologique basée sur l'observation de certains caractères discriminants (la longueur et la largeur du corps, la forme de la tête et de la queue, la longueur du stylet, position de la vulve, le type de recouvrement de la glande œsophagienne par rapport à l'intestin) sous microscope.

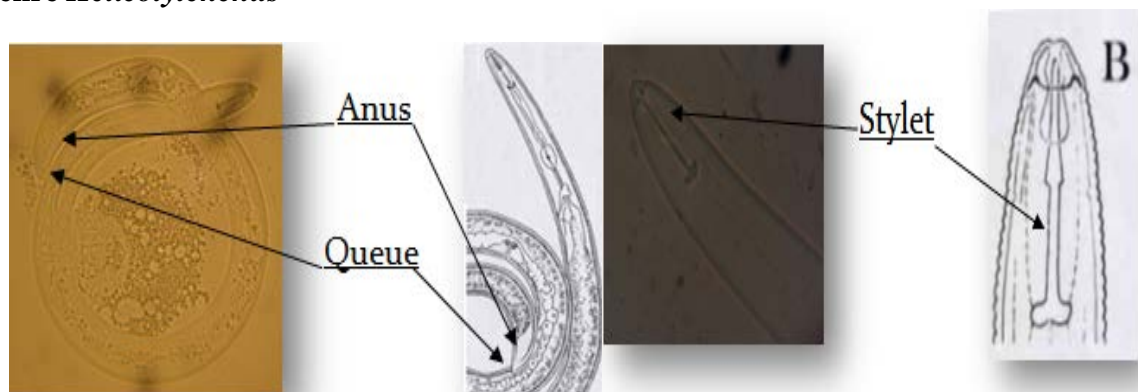
Les Tylenchides sont plus petites que les Dorylaimides en possédant à la partie antérieure du tube digestif un stylet performant suivi d'un canal œsophagien aboutissant à un bulbe musculaire, pompe aspirant et refoulant de l'alimentation au contraire des Dorylaimides dont la partie antérieure du corps se caractérise par la présence d'un aiguillon buccal robuste et d'un œsophage cylindrique terminé par un renflement musculaire également cylindrique et long. A l'aide d'une clé de détermination des nématodes phytoparasites de Jacob et Middepijns (1988), nous avons pu déterminer ces genres de Nématodes :

3.2.1.1. Les Tylenchides

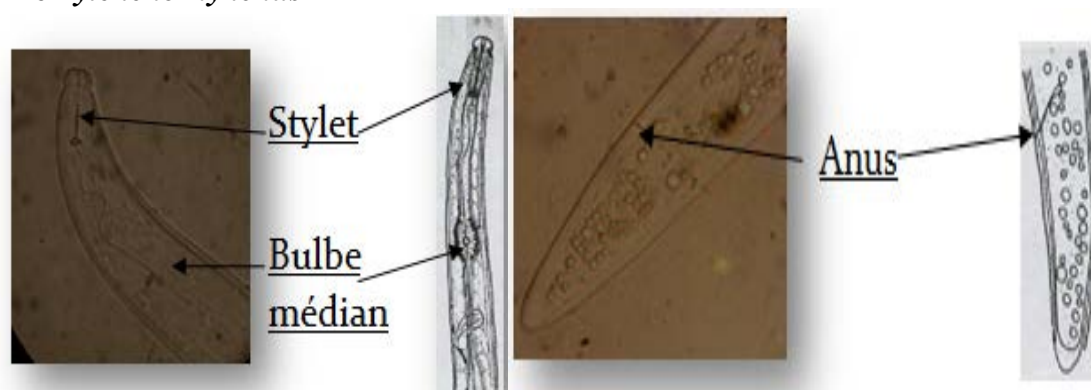
Genre *Aglenchus*



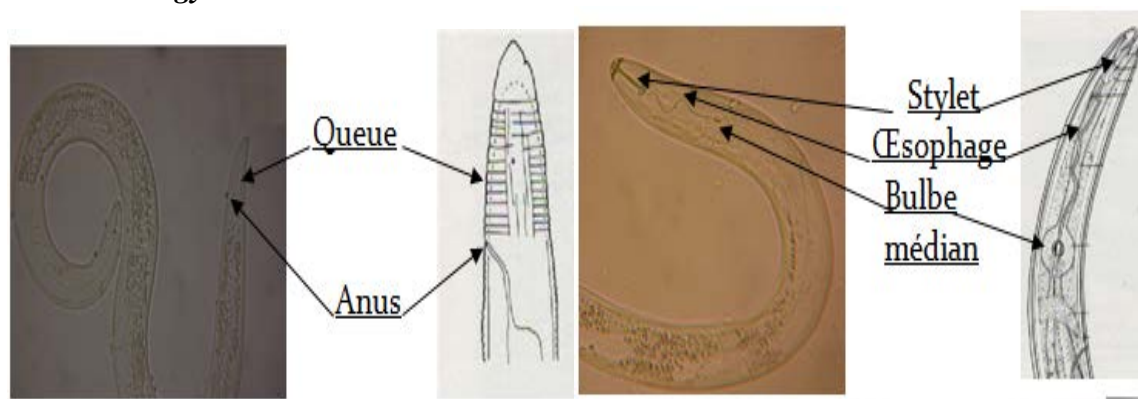
Genre *Helicotylenchus*



Genre *Tylenchorhynchus*

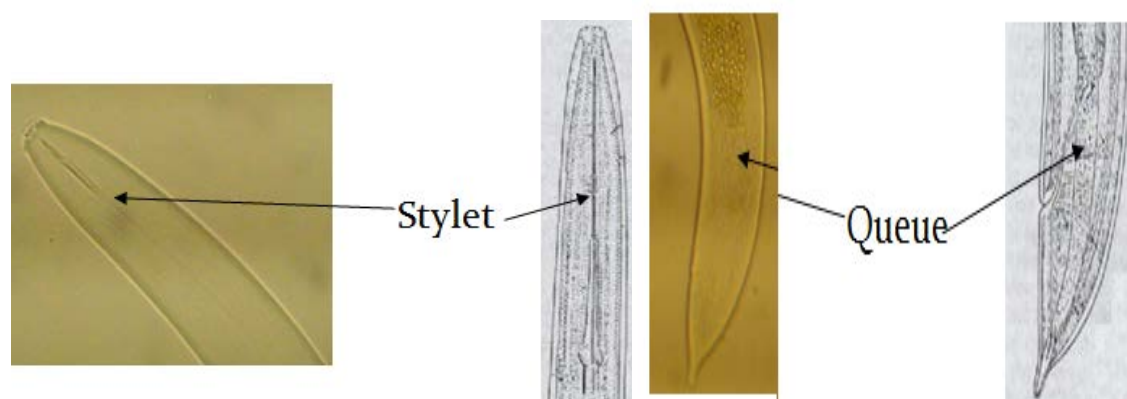


Genre *Meloidogyne*



3.2.1.2. Les Dorylaimides

Genre *Xiphinema*



3.2.2. Variation des densités des nématodes filiformes dans les stations d'étude

D'après la figure 4, Nous avons signalé la densité de chaque genre trouvé dans les deux parcelles prospectées (culture en place: tomate). Dans la parcelle de Nador (culture précédente : courgette). Nous avons enregistré une abondance des *Meloidogyne* avec 35,7% et les nématodes du genre *Helicotylenchus* avec 21,42%. Les *Xiphinema* occupent la troisième position avec une présence estimée à 14,28% suivi par les *Aglencus* avec 11,9% et les *Tylenchorhynchus* avec 7,14% de la totalité des nématodes recensés.

En revanche, dans le domaine de si Bilal (culture précédente : pomme de terre), la dominance de nématode de genre *Helicotylenchus* était importante et représente un pourcentage de 35,18 % suivi par les *Meloidogyne* avec 27,77 %. La présence des *Ditylenchus* et *Tylenchorhynchus* est de 18,51 et 11,11 %, respectivement.

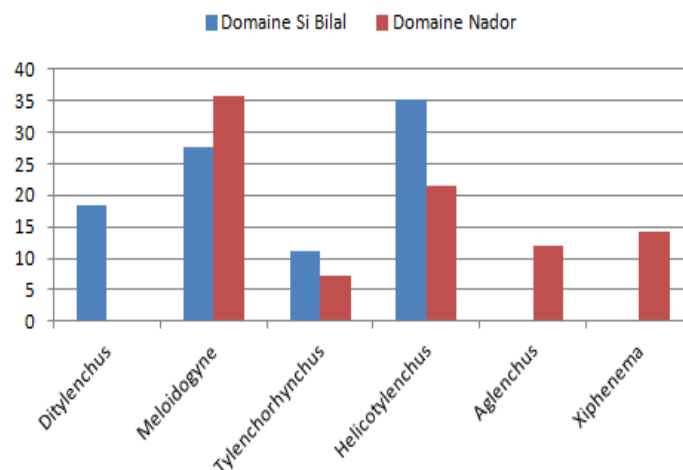


Figure 4. L'abondance de différentes espèces de nématodes filiformes dans nos stations d'étude.

3.4. Diagnostic écologique (abondance-fréquence) des nématodes rencontrés dans les stations d'étude

Les résultats représentés par la figure 5 montrent que les sept genres (*Globodera*, *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Xiphinema*, *Ditylenchus*, *Aglencus*) de nématodes phytoparasites associés aux cultures maraîchères sont classés dans le groupe des fréquents mais peu abondants, ils sont donc dans des milieux où toutes les conditions ne sont pas réunies pour leur permettre de se reproduire normalement.

Ce milieu où ces nématodes phytoparasites survivent est perturbés par des travaux du sol (jachère, labour, fumigants...) et des modifications floristiques (rotation) qui diminuent l'abondance des nématodes phytoparasites.

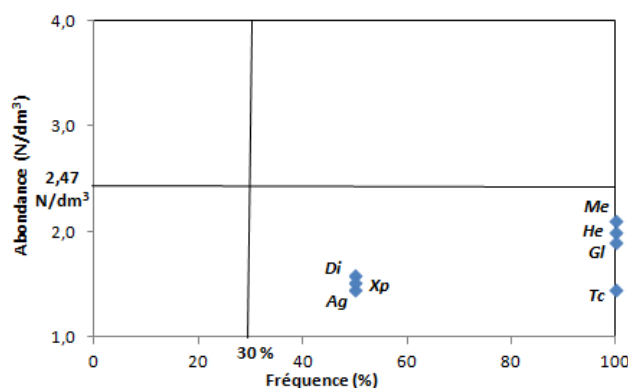


Figure 5. La structure des populations de nématode phytoparasites dans nos stations d'étude (*He*: *Helicotylenchus*, *Di*: *Ditylenchus*, *Tc*: *Tylenchorhynchus*, *Xp*: *Xiphinema*, *Me*: *Meloidogyne*, *Ag*: *Aglencus*, *Gl*: *Globodera*).

4. DISCUSSIONS

Dans toutes les parcelles prospectées les densités de populations des nématodes à kystes inventoriées sont similaires de point de vue espèce et nombre. Cette différence non significative serait liée à la culture pratiquée qui représente des hôtes primaires et secondaires constitués de Solanacées pour ces nématodes.

Les stations prospectées ont une faible infestation par les *Globodera* qui sont des nématodes à kystes de quarantaine. Le nombre des larves estimé par gramme de sol est d'une larve pour la station de Nador et moins d'une larve dans les autres parcelles, ce qui ne dépasse pas le seuil de nuisibilité estimé à 10 larves /g de sol.

Un pourcentage de kystes vides non négligeable est observé au niveau de ces stations qui peut être expliqué par l'application d'un système agricole en se basant sur la jachère en période sèche. Mugniery (1976) confirme cette hypothèse ayant obtenu 99 % de kystes vides après une jachère d'été.

L'infestation peut être aggravée par l'utilisation des tubercules de pommes de terre destinées à la consommation, comme semence en absence de contrôle rigoureux même par l'utilisation des machines et des matériels de transport infestés.

Dans nos résultats, nous pouvons dire que le nombre des nématodes phytophages est faible par rapport au poids 215 individus / 1000g de sol. En le comparant avec ceux de Diop, 1994 qui a obtenu 1171 individus / 1000 g de sol. Selon Decker (1981), une rotation avec des variétés non hôtes pour les nématodes permet la réduction de ces derniers qui survivent dans le sol. De même, les investigations de Cadet et Floret (1999) confirme que la mise en jachère augmente la diversité intracommunautaire qui induit directement une diminution de la pathogénie globale de la communauté nématologiques.

A fin de minimiser les populations de *Meloidogyne*, les agriculteurs se basent sur la rotation des cultures en introduisant les céréales dans l'assolement. En plus ils pratiquent les jachères pour diminuer le stock des Nématodes. D'autre part, ils utilisent les traitements chimiques avec des nématicides qui réduisent les populations de nématodes phytophages en général.

L'augmentation des populations de *Meloidogyne*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus* et *Xiphinema* suite à la pratique de la culture de tomate qui est leur hôte principale. Ces quatre genres de nématode peuvent causer des dégâts considérables également sur pomme de terre et sur autres solanacées.

Les deux genres *Ditylenchus* et *Aglenchus* ne sont pas inféodés aux cultures maraîchères ou une plante spécifique.

En comparaison, nos résultats (*Meloidogyne* et *Helicotylenchus* : 60%, *Tylenchorhynchus* et *Xiphinema* : 16% et *Ditylenchus* : 9.25%) sont similaires à ceux de Diop en 1994 qui a trouvé des pourcentages élevées de *Meloidogyne* et *Helicotylenchus* (>55%) suivi par *Tylenchorhynchus* et *Xiphinema* (15%) alors que *Ditylenchus* ne représente que 5%.

5. CONCLUSION

Quels que soient les milieux (agro et écosystèmes), les nématodes phytoparasites se présentent en communautés plus ou moins diversifiées selon le degré d'anthropisation du milieu. Pour maîtriser le développement de ces bioagresseurs dans les agrosystèmes, la recherche de Doran et Safley (2002) s'est concentrée sur les interactions plantes-nématodes à l'échelle populationnelle.

L'évolution spécifique et fonctionnelle des populations parasites des cultures, des nématodes phytoparasites en particulier, et leur pullulation, sont une conséquence de l'intensification de l'agriculture de plus en plus marquée des milieux. Qui l'un de caractéristiques écologiques d'un sol (Cadet et Floret, 1999).

La réalisation de cette étude nous permis de recenser 07 genres de nématodes phytophages dans ces sols maraîchères représentées par *Globodera*, *Meloidogyne*, *Ditylenchus*, *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Aglenchus* et *Xiphinema*. ces résultat rejoignent d'un point de vue espèces rencontrées ceux de Cadet (1999) au Sénégal et en Gambie (les régions soudano-sahéliennes) et ceux de Netscher et Luc (1974) réalisées en Mauritanie.

Un suivi rigoureux des techniques de protection des cultures et des techniques phytosanitaire (rotation, jachère et lutte chimique), permet de garder le degré d'infestation des deux espèces de nématode les plus communément inféodées aux cultures maraîchères, il s'agit des *Globodera* et des *Meloidogyne* au dessous du seuil de nuisibilité.

L'inventaire des nématodes filiformes nous a permis de mettre le point sur une gamme non négligeable considérée comme biomasse importante dans le sol. Il s'agit de *Helicotylenchus*, *Tylenchorhynchus*, *Aglenchus*, *Ditylenchus* et *Xiphinema*.

Cette étude a permis d'expliquer d'une part l'effet de la rotation sur la diversité du peuplement de nématodes phytoparasites; d'autre part elle a signalé les genres les plus redoutables aux cultures Maraichères.

Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu de m'avoir donné la force et le courage nécessaire pour réaliser ce travail. Je tiens à exprimer mes remerciements et mes respects au directrice de l'école supérieur des sciences agronomiques (INA) d'Alger (Algérie) issolah R., le directeur de laboratoire de recherche de protection des végétaux Mr Doumandji S. et le chef de département de zoologie agricole et forestière Mme Doumandji-Mitiche B.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme, (2007) Statistique agricole (superficie et production), 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005 et 2006, Ed. M.A., D.S.A.S.I., Alger, :11-23.
- Brzeski M., (1998) Nematodes of *Tylenchida* and temperate Europe. Muzeum in Insitut Zoologii Polska Akademia Nawik Warszawa, Poland, 386 p.
- Cadet p., (1998) Gestion écologique des peuplements de nématodes phytoparasites tropicaux : importance des facteurs édaphiques et ruissellement. gestion écologique des nématodes phytoparasites", cahiers agricultures.
- Cadet p. et floret j., (1999) Effect of plant parasitic nematodes on the sustainability of a natural fallow cultural system in the sudano-sahelian area in Senegal. eur. j. soil biol., 35: 91-97p.
- Dalmasso A., (1966) Méthodes simple d'extraction des nématodes du sol. rev. ecol. biol. sol, 3, pp. 473-478.
- Decker H., (1981) Nématodes phytophages et leurs control, ed. loglos, moscou. p.124.
- Diop M.T., 1994-Les nématodes parasites des cultures maraichères au Sénégal. Distribution de *Pasteuria pénétrons*, actinomycète parasite des nématodes du genre *Meloidogyne*.Mém. D. E. A. biologie animale. Université Dakar Sénégal : 35.
- Doran j.w. et Safley M., (2002) Defining and assessing soil health and sustainable productivity. in: pankhurst, c.e., doube, b.m. & gupta, v.v.s.r. (eds.), biological indicators of soil health, cab international wallingford: 1.
- Jaccob J. J. et Middepiats W. C. T., (1988) Fascicule de détermination des principaux nématodes phytoparasites au stéréoscope, cours de nématologie, TSP, Vol. 2, Niamey, Niger, 175 p.
- Linford M.B. and Oliviera J.M., (1937) The feeding of hollow-spear nematodes on other nematodes. *Science* 85, pp: 295-297.
- M.A.D.R, (2004) *Statistiques Agricoles, Superficies et produits*. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural (Alger), p 18.
- Merny G. et Luc M., (1969) Les techniques d'échantillonnage des peuplements de nématodes dans le sol. In: problèmes d'écologie, Paris, France, pp: 237-272.
- Mugniery D., (1976) Etude critique de la méthode d'échantillonnage des nématodes à kystes dans le sol et de la validité des différents critères d'estimation des populations. Ann. Zool. Ecol. Anim. 1976, Vol. II, T.8, pp. 177-195.
- Ritter M., (1971) Les nématodes et l'agriculture "les nématodes des cultures" Journées d'études et d'information, A. C. T. A. FNGPC, Paris, pp: 9-65.

La nécessité de remplacer les insecticides par des biopesticides dans le domaine d'agriculture

Saadi L.¹, Matallah R.², Lebaili N.²

¹Département de biologie, Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires et Biologiques, Université Saad Dahlab de Blida, Algérie

²Département des Sciences Naturelles, Ecole Normale Supérieure de Kouba, Alger, Algérie

Corresponding author E-mail: saadileila4@gmail.com

RESUME

Malgré l'efficacité de leur utilisation dans la production agricole et leur importante activité insecticide, les pesticides chimiques constituent une source de danger pour la santé humaine et animale. Dans ce contexte, nous avons proposé d'étudier les effets toxiques de la matière active d'un insecticide chimique largement utilisé en Algérie et dans le monde entier, le Confidor sur une espèce de mammifère, le rat blanc. L'étude est menée sur 20 rats femelles divisés en deux groupes, le premier groupe de 10 rats représente le lot témoin, tandis que le second groupe est composé de 10 rats traités par l'imidaclopride de 29,33 mg/kg/jour (1/15 DL50) pendant 30 jours. L'exposition chronique à cet insecticide a induit la présence d'un processus inflammatoire caractérisé par une congestion sanguine hépatique, épaississement des parois des sacs alvéolaires des poumons et une hépatotoxicité. Ces résultats montrent combien même à faible dose, l'insecticide cause un effet toxique sur les tissus d'origine animale, ce qui incite à remplacer ces produits chimiques par des biopesticides.

Mots clés : santé animale et humaine, insecticide chimique, inflammation, toxicité, espèce de mammifère, biopesticides

1. INTRODUCTION

L'utilisation répandue des pesticides dans l'environnement et dans le domaine de l'agriculture a entraîné la pollution de l'eau, de l'air et de la nourriture ce qui a conduit à de graves cas d'intoxication aigus et chroniques chez l'Homme et chez les animaux. L'imidaclopride [1- (6-chloro-3-pyridyl)-N-nitroimidazolidin-2-ylideneamine, CAS 138261-41-3] un insecticide néonicotinoïde (Shadnia et al., 2008) dont sa substance active présente un large spectre d'efficacité sur les insectes piqueurs suceurs, certains coléoptères et lépidoptères (Sohrabi et Shishehbor, 2011).

Plusieurs recherches toxicologiques ont confirmé la présence de la toxicité de l'imidaclopride au niveau des différents organes vitaux chez les animaux de laboratoire. Les signes de toxicité sont représentés par des altérations structurales accompagnées de réactions inflammatoires et des perturbations au niveau sanguin (Bhardwaj et al., 2010; Balani, 2011). Ces altérations sont utilisées comme marqueurs biologiques significatifs afin de déterminer la toxicité environnementale (Anatra et Durkin, 2005).

Afin d'approfondir les données sur la toxicité orale des doses faibles de l'imidaclopride, notre présent travail a pour but d'évaluer la toxicité par voie orale d'une dose journalière (29,33 mg/kg/j) d'imidaclopride pendant 30 jours sur la croissance, la structure des parenchymes hépatique, surrénalien et pulmonaire chez des rats femelles.

2. MATERIELS ET METHODES

1.1. Animaux

Les expériences sont effectuées sur 20 rats femelles de souche Wistar, dont le poids moyen est de 113.22g±18,97 acquis auprès de l'institut Pasteur de Kouba. Avant toute expérimentation, les animaux sont soumis à une période d'acclimatation sous des conditions contrôlées de température (22±2°C), d'hygrométrie (74±10%) et de régime photopériodique (12h d'obscurité/12 h de lumière artificielle). Ils reçoivent un régime alimentaire équilibré sous forme de bouchons en provenance de la Société industrielle de concentré de Bejaia et de l'eau à volonté.

1.2. Insecticide

L'imidaclopride est utilisé sous forme d'une solution concentrée brune (800 mg/ml). La concentration utilisée (1/15 DL50) est calculée d'après la DL50 qui est de 440 mg/kg chez le rat Wistar (Lamarée, 2007).

1.3. Expérimentation

Les animaux sont répartis en deux groupes. Le premier groupe de rats témoins (n=20) recevant de l'eau et de la nourriture *ad libitum* et le deuxième groupe de rats (n= 20) est traité par 1/15 DL50 (29,33mg/kg/j) d'imidaclopride une fois par jour pendant 30 jours mais qui reçoivent de l'eau et la nourriture à volonté.

1.4. Etude histologique

Les fragments hépatiques, surrénalien et pulmonaires sont fixés dans le formol à 10%, déshydratés dans plusieurs bains d'éthanol à degré croissant, imprégnés dans la paraffine et puis coupés. Les coupes à 5µm d'épaisseur sont colorées avec l'hématoxyline-éosine et observées au microscope photonique à différents grossissement (X40 ; X400).

3. RESULTATS

1.1. Évolution pondérale

Au bout de 30 jours, tous les rats témoins et traités ont montré une croissance pondérale par rapport au poids corporel initial. Cette augmentation est de l'ordre de 55.03 % pour les rats témoins (113.22 ± 50.37 vs 175.53 ± 74.19) et de 50.78 % pour les rats traités (114.99 ± 15.83 / 173.39 ± 16.04) (Figure 1).

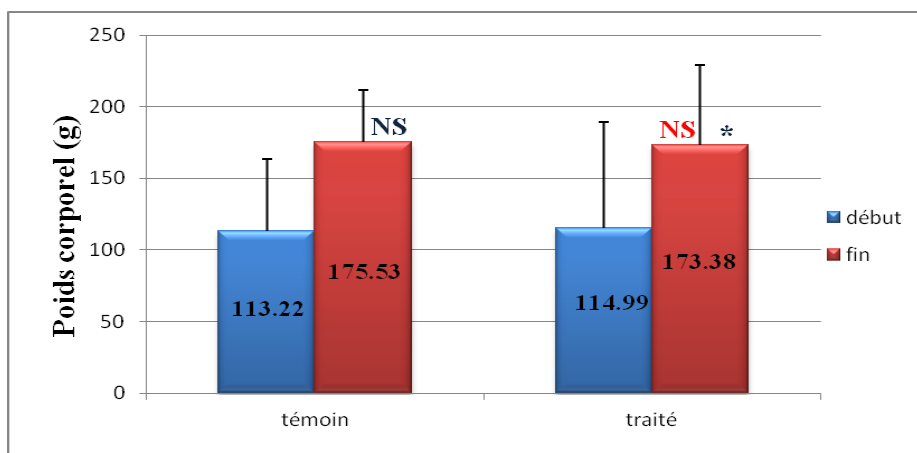
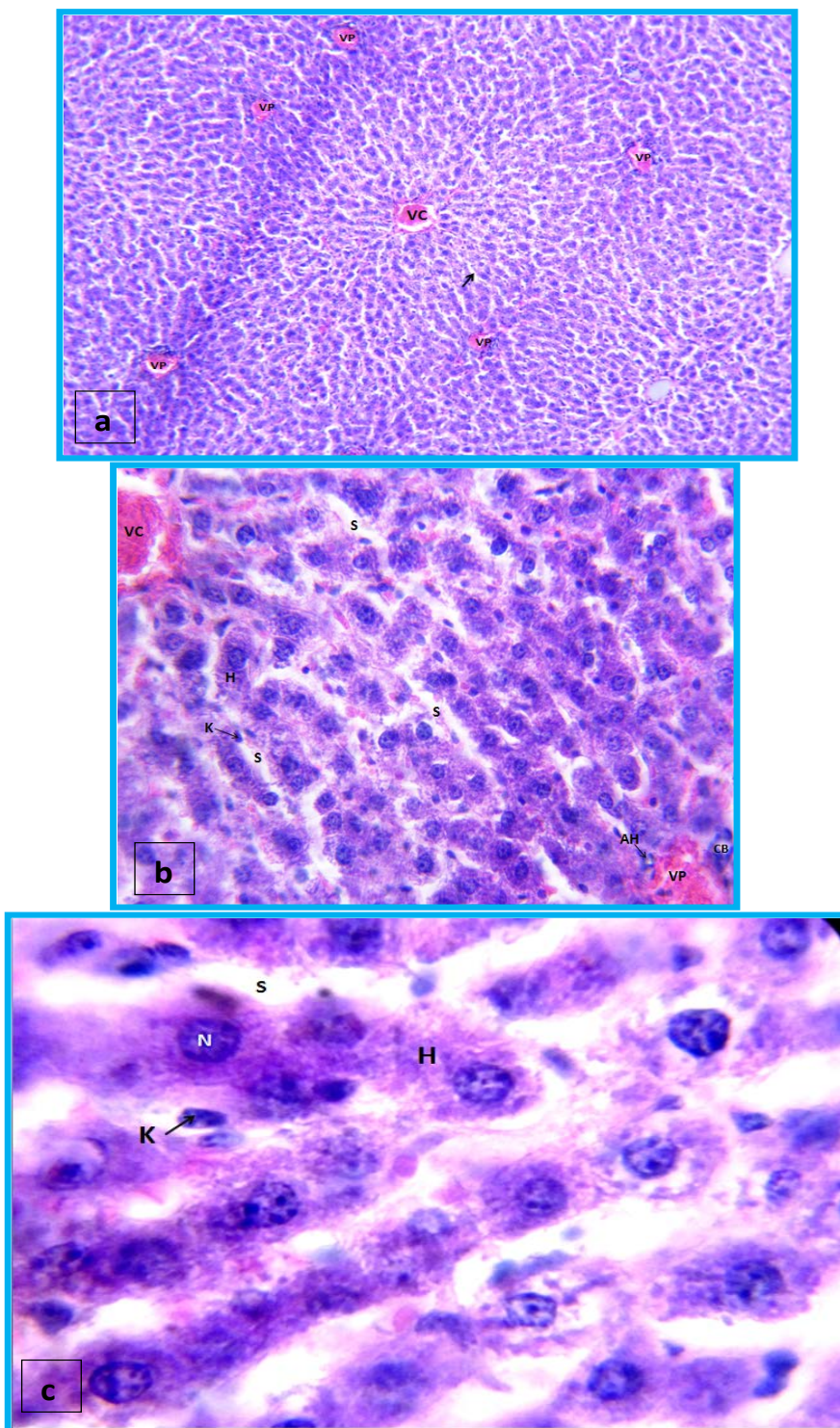


Figure 1. Valeurs moyennes du poids corporels (g) des rats témoins et traités par 1/15 d'imidaclopride au début et à la fin de l'expérimentation.

1.2. Structure du parenchyme hépatique

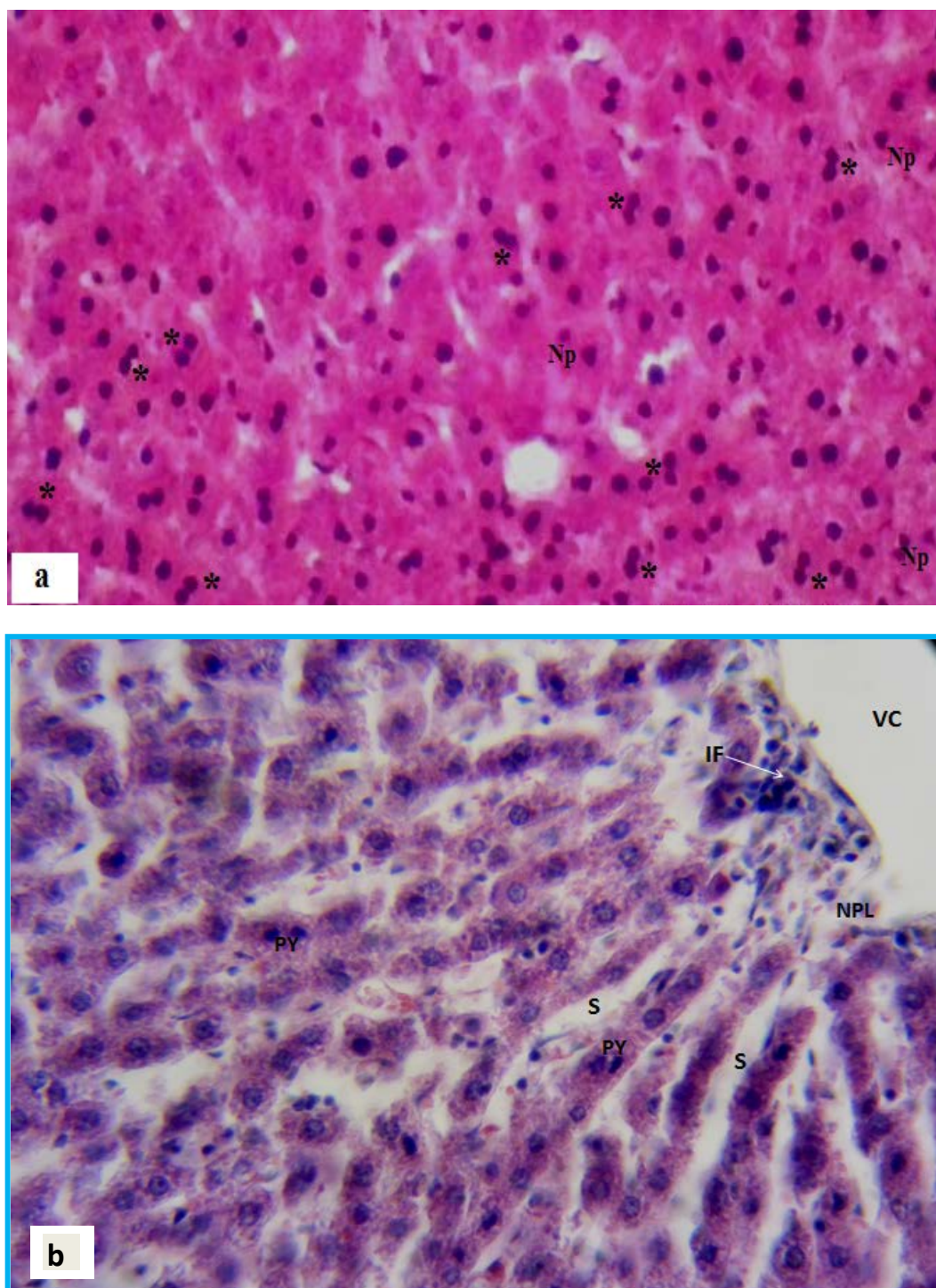
Les coupes histologiques de foie chez les rats femelles témoins présentent une organisation structurale normale. L'architecture lobulaire est marquée par la présence de travées hépatocytaires disposées de manière radiaire autour d'une veine centro-lobulaire (Figure 2a). Les espaces portes sont situés aux angles du lobule. Les hépatocytes sont des cellules cubiques à noyau rond central vésiculeux et clair (Figures 2b et c). Les cellules hépatiques sont parfois binucléées. Le cytoplasme est riche en mottes basophiles ponctuées. Entre les lames hépatocytaires, des capillaires sinusoides sont bordés par les cellules endothéliales et les cellules de Kupffer (Figure 2c).

Chez les rats traités par 1/15 DL50 d'imidaclopride pendant 30 jours, le parenchyme hépatique perd son organisation structurale ainsi les lames hépatocytaires deviennent moins individualisées. La veine centrolobulaire devient dilatée présentant une congestion sanguine. Les hépatocytes binucléés augmentent de nombre. Des images de pycnoses sont souvent présentes avec des noyaux rétrécis et une chromatine très condensée et sombre au niveau de nombreux hépatocytes. Certaines cellules sont nécrosées (Figures 3a et b).



VC : Veine Centrolobulaire ; H : Hépatocyte ; K : Cellule de Kupffer ; S: sinusoïde ; N : Noyau.

Figure 2. Photomicrographies du foie d'un rat femelle de souche wistar témoin (a), (b), (c). Coloration : Hématoxyline-éosine. Gr : x40(a) ; x400(b) ; x1000(c).

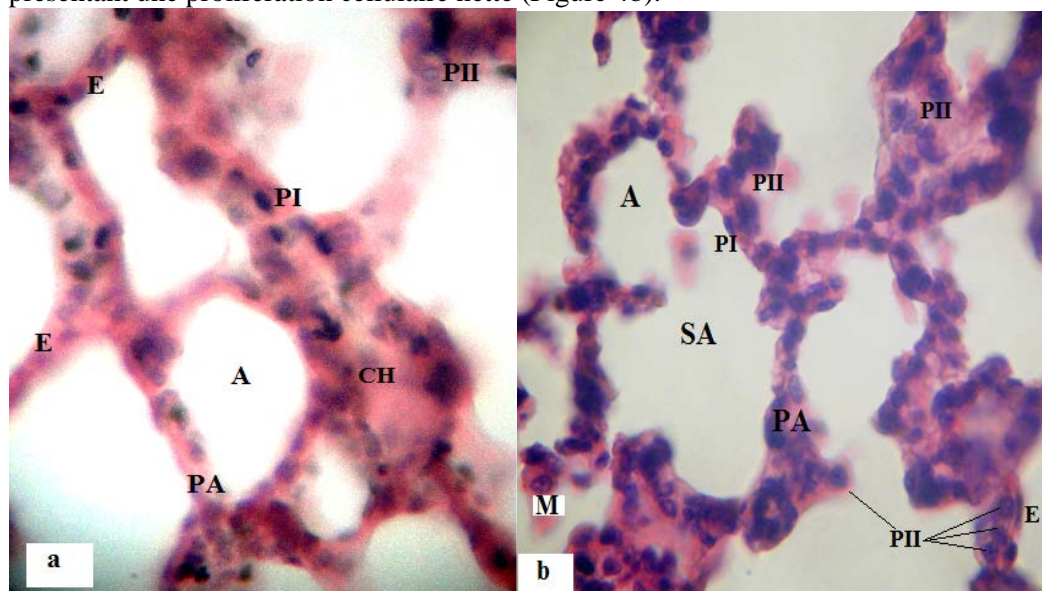


* : Cellules binuclées ; ** : Cytoplasme vésiculé ; VC : Veine centrolobulaire ; IF : Infiltration ; Np : Noyau pycnotique ; S : Capillaire sinusoié ; NPL: Nécrose péri lobulaire ; PY: Pycnose.
Figure 3. Photomicrographies du foie d'un rat femelle de souche wistar traité (a) et (b). Coloration : Hématoxyline-éosine. Gr: X400.

1.2. Structure du parenchyme pulmonaire

En microscopie optique, le parenchyme pulmonaire des rats témoins présente des alvéoles, petits espaces séparés les uns des autres des parois alvéolaires. Leur épithélium forme un revêtement continu autour de chaque alvéole et est constitué de deux types de cellules : les pneumocytes de type I et les pneumocytes de type II. Ces dernières cellules ne recouvrent qu'une très petite partie de la surface

alvéolaire (Figure 4a). Comparé à ceux des témoins, le parenchyme pulmonaire des rats traités, pendant 30 jours, par l'imidaclopride à raison de 1/15 DL50 des alvéoles avec des parois épaisses présentant une prolifération cellulaire nette (Figure 4b).



A: Alvéole; E: Epithélium; M: Macrophage; Ch: Chorion; PI: Pneumocyte I; PII: Pneumocyte II; SA: Sac alvéolaire; PA: Paroi alvéolaire; IC: Infiltration cellulaire.

Figure 4. Structure du parenchyme pulmonaire des rats témoins (a) et traités par 1/15 DL50 d'imidaclopride (b). Coloration : Hématoxyline-éosine. Gr: X400.

4. DISCUSSION

L'augmentation des valeurs pondérales corporelles enregistrées dans les deux lots de rats pourrait être corrélée avec l'état physiologique des rats et serait probablement due à leur croissance. En effet, le taux de croissance des rats est élevé à la naissance et à la puberté, puis commence à se stabiliser à l'âge adulte (Palani *et al.*, 1999). Le gain de poids chez les animaux est souvent considéré comme un indice de croissance. Toutefois, une perte de poids corporel à des doses différentes d'insecticide a été rapportée par d'autres travaux chez les rats, tous sexes confondus. Les études de Bhardwaj *et al.* (2010), ont montré une diminution du poids corporel avec une diminution de la consommation alimentaire chez les rats exposés à une dose élevée d'imidaclopride. Ces chercheurs considèrent cette régression pondérale comme étant la conséquence d'une faible consommation alimentaire et serait un signe probable de toxicité.

L'examen histologique du foie des rats traités montre la présence des images de pycnoses et des congestions. Une Infiltration mononucléaire diffuse et parfois massive sous forme de foyer inflammatoire est souvent observée autour des veines centrolobulaires. Il y a aussi des dilatations des capillaires sinusoides hépatiques et peu de tissu conjonctif condensé autour de quelques veines centrolobulaires. Toutes ces lésions hépatocytaires sont en corrélation avec des observations rapportées dans des travaux récents sur le foie d'animaux traités par l'imidaclopride. En effet, des noyaux pycnotiques ont été signalés dans le tissu hépatique, et une infiltration des leucocytes a été observée après un traitement journalier de 1/100 DL50 d'imidaclopride par voie orale pendant 4 semaines sur des rats males (Mohany *et al.*, 2011). Aussi une dilatation de la veine centrolobulaire et des capillaires sinusoides, ainsi que des cas de pycnose et d'infiltrations monocytaires sont observés dans le tissu hépatique des rat femelle traités par 1/10 DL50 d'imidaclopride pendant 30 jours, de cailles japonaises exposés à l'imidaclopride pendant 6 semaines et de poules pondeuses exposées à une dose unique de 139 mg/kg d'imidaclopride. La présence de foyers inflammatoires avec des infiltrations lymphocytaires et sanguines peuvent être expliquées par la destruction des hépatocytes et la présence de nécrose. Cette dernière est généralement associée à une infiltration inflammatoire lobulaire.

L'analyse des coupes histologiques des poumons de rat traité à l'imidaclopride révèle une atteinte du parenchyme pulmonaire qui se manifeste par une altération des alvéoles avec un épaississement de leurs parois et une augmentation du nombre des cellules à ce niveau. Des altérations histologiques similaires ont été observées après traitement subaigu des rats wistar au styrène (polluant) (Morgan *et*

al., 1993 ; Kostka *et al.*, 2000). Ces altérations témoignent une inflammation pulmonaire. Cette dernière est médiée par des cytokines spécifiques comme IL-1b, IL-13 et le TNF-a (Oltmanns *et al.*, 2005). Newland et Richter (2008) ont montré que l'épithélium pulmonaire joue un rôle crucial au cours de l'inflammation, en synthétisant certaines interleukines.

5. CONCLUSION

Cette étude démontre combien il est capital de mieux prendre en compte les effets de faibles doses dans l'évaluation du risque de l'imidaclopride sur l'Homme. Cela appelle à remplacer les produits chimiques par des biopesticides afin de protéger l'environnement et la santé humaine et animale.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANATRA C.M., and DURKIN P., (2005) Imidacloprid. Human health assessment and ecological risk assessment Final report. *Syracuse Environmental Research Associates, Inc.*, New York, SERA TR 05- 43-24-03a.
- BALANI T, AGRAWAL S and THAKER AM, (2011) Hematological and biochemical changes due to short-term oral administration of imidacloprid. *Toxicol. Int.*, 18(1): 2-4.
- BHARDWAJ S., SRIVASTAVA M.K., KAPOOR U., SRIVASTAVA L.P., (2010). A 90 days oral toxicity of imidacloprid in female rats: Morphological, biochemical and histopathological evaluations. *Food and Chemical Toxicology* 48: 1185–1190.
- KOSTKA D., PALUT J., KOPEC S. and LUDWIKI J.K. (2000) Early hepatic changes in rats induced by permethrin in comparison with DDT, *Toxicologie*. 142: 135-142.
- MOHANY M., BADR G., REFAAT I. AND EL-FEKI M., (2011) Immunological and histological effects of exposure to imidacloprid insecticide in male albino rats (18): 2106-2114.
- MORGAN D.L., MAHLER J.F., PRICE H.C. and ADKENS B. (1993) Styrene inhalation toxicity studies in mice. *Fund. Appl. Toxicol.*, 20 : 325-335.
- NEWLAND N. and RICHTER, A. (2008) Agents associated with lung inflammation induce similar responses in NCI-H292 lung epithelial cells. *Toxicology in vitro* 7
- OLTMANN S., CHUNG K.F., WALTERS M., JOHN M. and MITCHELL J.A. (2005) Cigarette smoke induces IL-8 but inhibits eotaxin and RANTES release from airway smooth muscle. *Respiratory Research* 6: 74.
- PALANI V., SENTHIKUMARAN R.K., GOVINDAWAMY S. (1999). Biochemical evaluation of antitumor effect of Muthu marunthu (a herbal formulation) on experimental fibrosarcoma in rats. *Journal of Ethnopharmacology* 65: 257–265.
- SHADNIA S. and HASSANIAN H., (2008) Case Report of Fatal intoxication with imidacloprid insecticide. *American Journal of Emergency Medicine*. 26: 634. e1 -634. e4
- SOHRABI F., SHISHEHBOR P., SABER M. and MOSADDEGH M.S., (2011) Lethal and sublethal effects of buprofezin and imidacloprid on Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae), *Crop Protection*. 30: 1190- 1195.

Evaluation de l'activité insecticide des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* vis-à-vis du Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria* (Forskål, 1775)

Tail Ghania, Kara F/Z

Département de Biologie, Faculté des sciences Agro-vétérinaires & Biologiques, Université Saad Dahlab, Blida, Algérie

Email: ghaniatail@yahoo.fr

RESUME

Les composés secondaires des plantes sont souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante productrice contre divers organismes comme les pathogènes et les ravageurs. Ces composés sont très nombreux et variés, et certains sont largement distribués, comme les alcaloïdes, les tanins et les terpènes. Dans l'optique de rechercher des alternatives aux méthodes de lutte chimique, on a évalué en condition de laboratoire l'effet des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* contre les adultes du Criquet pèlerin, *Schistocerca gregaria*.

L'huile essentielle obtenue par hydrodistillation a été appliquée par ingestion aux doses : de 5, 10, 20 et 50 µl/ml d'acétone pour réaliser le test de toxicité. Le test a été réalisé sur 10 individus pour chaque dose. Le taux de mortalité des criquets cinq jours après le traitement avec la dose de 5 µl/ml était de 83,90%. Pour les doses de 20 et 50 µl/ml, ce taux de mortalité était de 100 % respectivement après deux et quatre jours suivant le traitement. Ces effets peuvent être attribués selon Isman (2000) aux constituants prédominants dans le basilic, tels que l'Eugénol, linalol, Estragol, Bergamotène, ocimène. Les huiles essentielles de *O. basilicum* présentent un effet insecticide contre *S. gregaria*. Par conséquent, elles peuvent être intégrées dans la lutte contre les locustes ravageuses des cultures.

Mots clés: huile essentielle, lutte alternative, *Ocimum basilicum*, *Schistocerca gregaria*.

SUMMARY

These secondary plant compounds are often considered to be a defense of the producing plant against various organisms such as pathogens and pests. These compounds are numerous and varied, and some are widely distributed, such as alkaloids, tannins and terpenes. In order to find alternatives to chemical control methods, we evaluated in laboratory conditions the effect of essential oils of *Ocimum basilicum* against the adult locust, *Schistocerca gregaria*.

The essential oil obtained by steam distillation of water was applied orally at doses: 5, 10, 20 and 50 µl/ml of acetone to produce toxicity testing. The test was performed on 10 individuals for each dose. The death rate of locusts five days after treatment with a dose of 5 µl/ml was 83.90%. For doses of 20 and 50 µl/ml, mortality was 100% after two and four days after treatment. These effects can be attributed according to Isman (2000) to the dominant basil components such as eugenol, linalool, Estragol, bergamotene, ocimene. The essential oils of *O. basilicum* have an insecticidal effect against *S. gregaria*. Therefore, they can be integrated in the fight against the devastating locust cultures.

Key words: essential oil, alternative fight, *Ocimum basilicum*, *Schistocerca gregaria*

1. INTRODUCTION

Les composés secondaires des plantes sont souvent considérés comme étant un moyen de défense de la plante productrice contre divers organismes comme les pathogènes et les ravageurs. Ces composés sont très nombreux et variés, et certains sont largement distribués, comme les alcaloïdes, les tanins et les terpènes.

Appartenant à la famille des *Lamiaceae*, le basilic (*Ocimum basilicum* L.) est la plus populaire des herbes aromatiques (Simon, 1995 ; Davis, 1997. Darbonne, 2002 ; Adam, 2003) connu de part le monde pour son importance économique et technique (Arabici et Bayram, 2004; Martin, 2004). Dans l'optique de rechercher des alternatives aux méthodes de lutte chimique polluante utilisée, nous avons évalué en conditions de laboratoire l'effet des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum* contre *Schistocerca gregaria*.

2. MATERIEL ET METHODES

2.1. Matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est composé de feuilles de Basilic *Ocimum basilicum*. La plante a été récoltée le mois de Mai 2012 au niveau des montagnes de Chréa de la wilaya de Blida (Algérie). Les plantes ont été séchées à l'abri de la lumière et de l'humidité ; à la température ambiante du même mois pendant deux semaines.

2.2. Les criquets utilisés sont des imagos de *Schistocerca gregaria* qui proviennent du département d'Acridologie de (I.N.P.V.) d'El-Harrach (Alger).

2.3. Extraction de l'huile essentielle des deux plantes étudiées par hydrodistillation

Nous avons procédé à l'extraction de l'HE d'*O. basilicum* par hydrodistillation à l'échelle laboratoire où nous avons étudié l'influence de la durée d'extraction sur le rendement en huile essentielle. Un suivi cinétique a été réalisé sur l'extraction de l'huile essentielle de la partie aérienne du Basilic par hydrodistillation. Lors de cette étude, la masse végétale a été fixée à 30g immergée dans l'eau rempli à 2/3 d'un ballon de 1000 ml. L'HE obtenue est analysée par Chromatographie en phase gazeuse (CPG). La détermination des différentes propriétés organoleptiques et physicochimiques de l'huile essentielle obtenue est réalisée suivant les normes A.F.N.O.R 1992.

2.4. Tests Biologiques

Les doses d'huile essentielle utilisées pour nos tests biologiques sont préparées en diluant chaque fois dans 1 ml de solvant (acétone) les volumes successifs de 5, 20 et 50 μ l de l'huile essentielle. L'HE a été appliqué par ingestion. Le test a été réalisé sur 10 individus pour chaque dose. Le dénombrement des individus morts a été réalisé toute les 12h jusqu'à la mort de la totalité des insectes. La chronologie de la mortalité des insectes traités a été estimée au moyen de la régression (Excel). Les mortalités ont été corrigées selon la méthode d'Abbott (1925).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Evolution du rendement en huile essentielle en fonction de la durée d'extraction

La durée d'extraction est théoriquement le temps nécessaire à la récupération de la totalité de l'huile contenue dans la matière végétale. Or en pratique, il est difficile de récupérer toute l'huile. Ce temps correspond alors au moment pour lequel nous n'observons plus d'huile dans le distillat, il détermine la fin du processus. Les résultats obtenus sont représentés dans la figure 1.

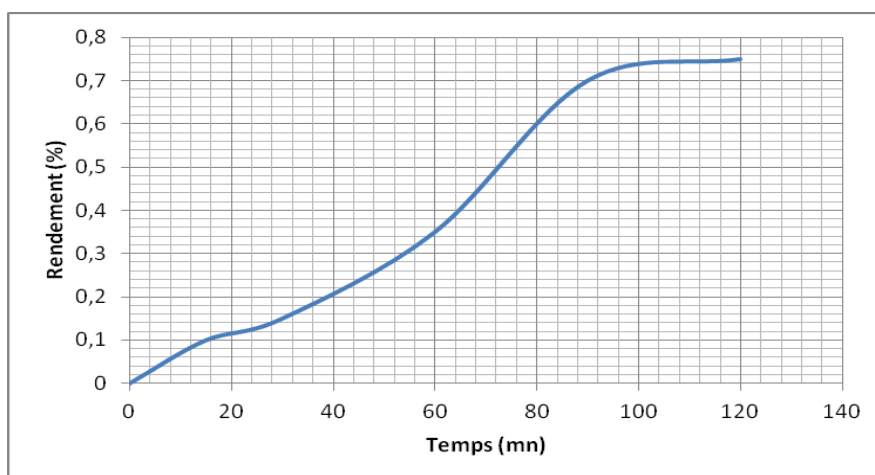


Figure 1. Evolution du rendement de l'huile essentielle du basilic (*Ocimum basilicum*) en fonction de temps.

Le rendement augmente progressivement jusqu'à atteindre un rendement égale à 0,75% au bout de 100min et la courbe tend vers un palier, qui correspond au rendement maximum possible d'être atteint dans les conditions expérimentales pour une matrice donnée. Nous observons une progressions assez lente jusqu'à environ 20 min, suivie d'une augmentation plus rapide et l'apparition d'un palier à partir

de 100min. Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par **Kouassi *et al.*, (2004)** sur *O.basilicum* de côte d'Ivoire dont le rendement en huile essentielle est de l'ordre de 0,80%.

3.2. Propriétés organoleptiques des huiles essentielles

Les propriétés organoleptiques de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* sont en accord avec ceux des normes AFNOR 1992 (Tableau 1).

Tableau 1. Propriétés organoleptiques des huiles essentielles d'*Ocimum basilicum*

L'espèce	Aspect	Couleur	Odeur
<i>Ocimum basilicum</i>	Liquide	Jaune pâle	Assez Caractéristique
AFNOR (1992)	Liquide	Jaune pâle à jaune ombré	Caractéristique épicée

3.3. Caractéristiques physico-chimique de l'HE d'*Ocimum basilicum*

Les propriétés physico-chimiques de nos huiles essentielles ont été déterminées selon les méthodes normalisées et sont regroupés dans le tableau 2.

Tableau 2. Caractéristiques physico-chimiques de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum*.

Caractéristiques	<i>Ocimum basilicum</i>	AFNOR (1992)
Indice d'acidité	1,05	/
Indice d'ester	5,96	/
Indice de réfraction	1,460	1,5-1,51

L'indice d'acide (IA) montre le taux des acides libres dans l'HE. Une valeur élevée indique une dégradation d'HE (hydrolyse des esters) durant sa conservation. Inversement, un IA inférieur à 2 est un indice de bonne conservation de l'HE (Kpoviessi, 2004). Les valeurs de l' I_A obtenues pour *O. basilicum* mentionnent que l'HE obtenue est stable et ne provoque pas d'oxydation inquiétante. Les faibles indices de réfraction des HE (1,47-1,49) indiquent leur faible réfraction de la lumière, ce qui pourrait favoriser leur utilisation dans les produits cosmétiques (Kango *et al.*, 2004). La détermination des propriétés physico-chimiques est une étape nécessaire mais demeure non suffisante pour caractériser l'huile essentielle. Il est primordial de déterminer le profil chromatographique de l'huile essentielle.

3.5. Analyse de l'huile essentielle d'*Ocimum basilicum* par chromatographie en phase gazeuse (CPG) :

La figure 2 représente le chromatogramme donnant les résultats de l'analyse par CPG de l'HE d'*O. Basilicum*. Cette analyse nous informe sur les teneurs des composés entrants dans la composition chimiques de ces huiles. Et en absences des étalons, nous n'avons pas pu identifiés malheureusement ces composés.

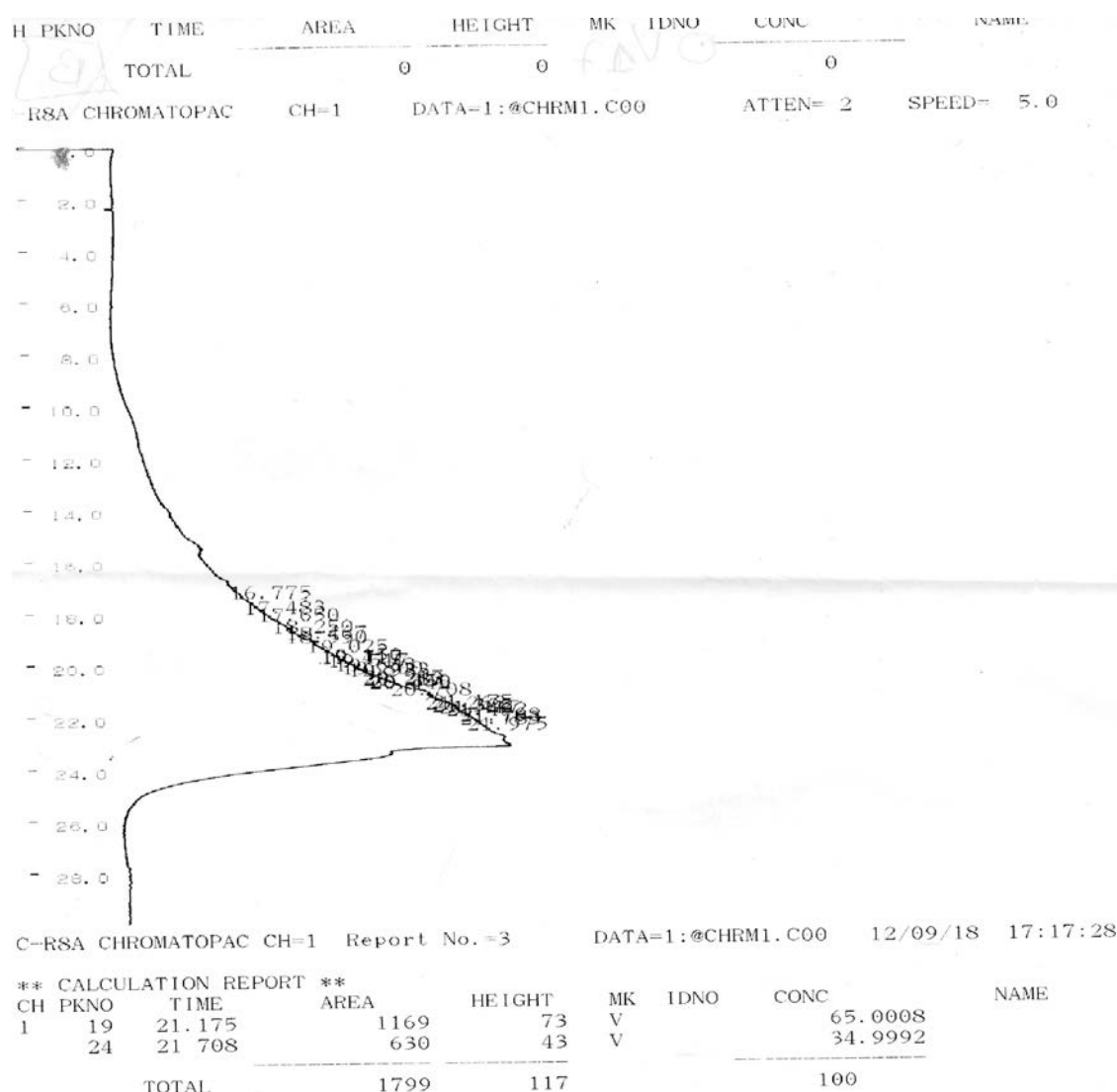


Figure 2. Chromatogramme de l'HE d'*Ocimum basilicum* analysée par CPG.

Ce chromatogramme montre que les composés ont des teneurs très proches ce qui explique l'apparition d'un seul pic. Le composé majoritaire représente 65% de totalité des composés.

3.5. Test insecticide

Les résultats du test réalisé avec l'HE du basilic sont illustrés par la figure 3.

On extrait des graines et des feuilles du basilic une l'huile essentielle qui est utilisée en parfumerie et en cosmétique (Simon *et al.*, 1990). Son utilisation en médecine donne lieu à une liste sans fin de remèdes. Sous forme d'huile, d'infusion ou de décoction, le basilic est utilisé comme antirhume, antiseptique, antispasmodique, apéritif, bactéricide, béchique, céphalique, digestif, fébrifuge, galactogène, laxatif, peptique, relaxante, sédatif, tonique, etc (Serre, 2000). Le basilic soulage les démangeaisons et favorise la montée du lait (Serre, 2001). L'HE de basilic a montré une activité insecticide 24h après traitement sur les individus de *S. gregaria* Cette activité augmente significativement au bout de 2 à 4 jours, pour atteindre 100% de mortalité au 5^{ème} jour. L'huile essentielle est un véritable répulsif des insectes. Elle chasse les mouches et les moustiques et tue les larves des insectes domestiques (Serre, 1999; Arabaci et Bayram, 2004; Koudjéga, 2004). Kéita *et al* (2001), signalent une activité insecticide de l'HE d'*O. Basilicum* sur les œufs, les mâles et les femelles des bruches du niébé traités par fumigation. Aïboud (2012), a montré que les huiles essentielles de *Thymus vulgaris*, d'*Ocimum basilicum* L, de *Myrtus communis*, de *Syzygium aromaticum*, d'*Origanum vulgare*, de *Pimenta racemosa* M.et d'*Eucalyptus smithii* ont un effet insecticide vis-à-vis de bruche de niébé *Callosorbus maculatus*. Deshpande *et al* (1977) montrent

que les HE du basilic contiennent des constituants biologiques actifs à effet insecticide. Ces effets peuvent être attribués selon Isman (2000) aux constituants prédominants dans le basilic, tels que l'Eugénol, linalol, Estragol, Bergamotène, ocimène. Morris *et al.* (1979), Simon (1995) et Marotti *et al.* (1996) ont révélé que ce sont le camphir, le D-linonene, le mycrene et le thymol qui sont responsables des propriétés bactéricides, insecticides et herbicides du basilic. Sachant que l'Algérie possède un patrimoine végétal très riche et diversifié l'implication des extraits végétaux dans la lutte éco chimique comme facteurs de protection des plantes pourrait s'insérer dans le cadre d' une stratégie alternative et / ou complément aire dans la lutte contre le Criquet pèlerin .

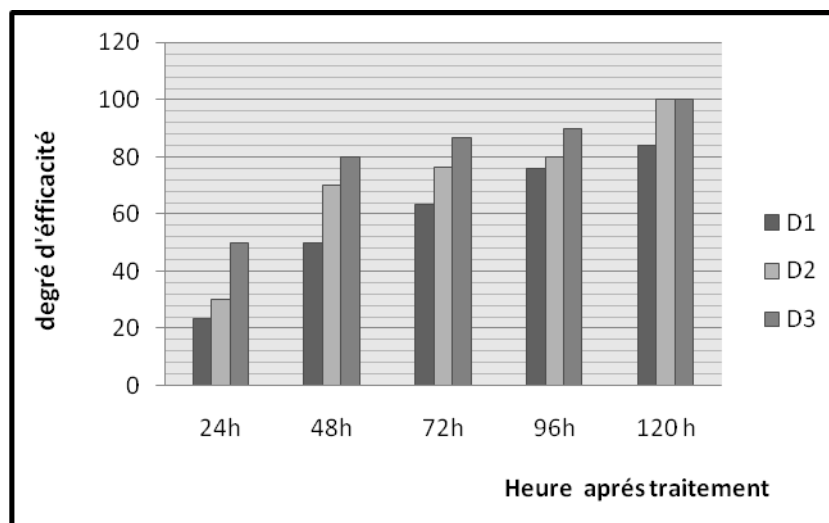


Figure 3. Evolution de degré d'efficacité de l'HE d'*Ocimum basilicum* en fonction du temps

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbott WB, (1925). A method for computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18, 266-267.
- Adam K L, (2003). *Organic Greenhouse Herb Production*. Horticulture Production Guide.
- Arabici, O, and. Bayram E, (2004). The effect of nitrogen and different plant density on some agronomic and technologic characteristic of *Ocimum basilicum* L. (*Basil*). Asian Network for Scientific Information. *Journal of agronomy* 3 (4): 255-262
- Darbonne C, (2002). *Sacré Basilic*. Edition LPM.
- Davis J M, 1997. *Basil*. Horticulture Information Leaflet 125, North Carolina. 3p.
- Deshpande RS, Tipinis H, (1977). Insecticidal activity of *Ocimum basilicum* L. *Pesticide*, 11, 1-12.
- Isman MB, (2000). Plant essential oils for pest and disease management. *Crop Protection*. 19,603-608.
- Kango C, Sawalihou BEH, Kone S, Koukoua G , N'Guessan YT, (2004). Étude des propriétés physico-chimiques des huiles essentielles de *Lippia multiflora*, *Cymbopogon citratus*, *Cymbopogon nardus*, *Cymbopogon giganteus*, *Comptes rendus Chimie*, 7, 1039-1042.
- Kéita SM, Vincent C, Schmidt JP, et Arnason JT, (2001). Insecticidal effects of *Tuja occidentalis* (Cupressaceae), Essential oil on *Callosobruchus maculatus* (Coleoptera: Bruchidae) ». *Can. J Plant. Sci.*, 81,173-177.
- Kouassi BPS, Kanko C, Nandinot. CR, Glitho AI, Kourkoua G, N'Guessau YT, (2004). Action des huiles essentielles de deux plantes aromatiques de Côte d'Ivoire sur *Callosobruchus maculatus* F DU Niébé. *El Sevier* , 1043-1046.
- Koudjéga K, (2004). Développement de stratégies de gestion intégrée de la fertilité des sols pour le basilic (*Ocimum basilicum* L.) sur les exploitations de Darégal Equatorial. Mémoire d'Ingénieur Agronome, IFDC Afrique / ESA -UL, 96p.
- Kpoviessi. DS., Accrombessi GC, Kossouh C, Soumanou MM, Moudachirou M, (2004). Propriétés physico-chimiques et composition de l'HE non conventionnelle de poughère (*Jatropha curcas*) de différentes régions du Bénin, *Comptes Rendus Chimie*, 7, 1007-1012.

- Marotti M, Piccaglia R. and Giovanelli E (1996). Differences in essential oil composition of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Italian cultivars related to morphological characteristics, Journal . Agric. Food Chem., 44 , 3926-3929
- Martin D A, (2004). *Farm production sets new record high*. Hawaiï herbs, NASS. 2p.
- Serre M (1999). *Le basilic*. Presse Internationale MSCOMM. 17 avril 2005.
- Serre M (2000). *Le basilic - Propriétés médicinales*. Presse Internationale MSCOMM. 17 avril 2005
- Serre, M. (2001). *Le basilic - Fiche culinaire*. Presse Internationale MSCOMM. 17 avril 2005.
- Simon, J. E. (1995). *Basil*. New Crop FactSHEET. 03 mars 2005.
- Simon J E J, Quinn and R G, Murray. (1990). Basil: *A Source of Essential oils*. p.484-489. In : J. Jannick and J E Simon (eds), *Advances in new crops*. Timber Press, Portland, OR. 07 avril 2005.

Evaluation of organically - acceptable insecticide against the mealy aphids of the *Hyalopterus pruni* complex in almond orchard

Mohamed Braham, Anis Abbes and Dhia Benchehla

Laboratoire d'Entomologie-Ecologie.

Centre Régional de recherche en Horticulture et en Agriculture Biologique de Chott-Mariem.

4042. Chott-Mariem, Sousse, Tunisie

E-mail : braham.mohamed@gmail.com

SUMMARY

Four organically-farming allowed insecticides, Neem extract (Oleorgan at 30%), Rotenone extract (Rotorgan at 5%) and two products of Potassium salt of fatty acid (Kabon at 50 % and Biosoap at 49%), were field tested for the control of the mealy aphids *Hyalopterus pruni* complex (Homoptera : Aphidoidea) in almond orchard in 2008 and 2009 in Tunisia. The experiment was arranged in a randomized block design consisting of 5 replications each consisted of 2 trees. The substances were applied three times in 2008 (on 8 April, on 14 April and on 6 May) and twice in 2009 (on 27 March and 10 April). In 2008, a significant decrease in densities of aphids per leaf (small larva, medium larvae and apterous adults), 6 days after the first treatment compared with control. These densities remain low during 5 weeks thereafter. Globally, the tested products show similar efficacy with a minor advantage of Neem extract. The effectiveness of these products was confirmed in 2009 trial in comparison with control, however, the highest aphid population suppression was found with the application of Neem (Oleorgan) followed by Rotenone (Rotorgan), while the lowest population suppression was found with Kabon and Biosoap.

Key words: Botanical insecticides, *Hyalopterus pruni* species complex, Almond, Organic Agriculture.

1. INTRODUCTION

Almond, *Prunus amygdalus* is one of the most widely cultivated stone fruits in Tunisia. Under organic agriculture, the species occupies the third place after olive tree and date palm in term of acreages (CTAB, 2013). Many species of insect pests attacking almond particularly bark beetles and aphids. The most damaging aphid species attacking almond in the Mediterranean region are: *Myzus persicae*, *Brachycaudus amygdalinus*, *Hyalopterus amygdali* and *Hyalopterus pruni* species complex (Barbagallo *et al.*, 2007).

The mealy aphids of the *Hyalopterus pruni* complex are according to Basky and Szalay-Marsz, (1987) composed of two morphologically undistinguished species *Hyalopterus pruni* (Geoffroy) and *Hyalopterus amygdali* (Blanchard). The main primary hosts of *H. pruni* are plum, *Prunus domestica* L., and apricot, *Prunus armeniaca* L., while peach, *Prunus persica* L., and almond, *Prunus dulcis* (Mill.), are colonized by *H. amygdali*. Jerraya (1997) cited *H. pruni* as the main aphid species attacking almond and peach in the north of Tunisia. We refer here as mealy aphids of the *Hyalopterus pruni* complex either *H. pruni* or *H. amygdali* attacking almond because we cannot differentiate species morphologically. The mealy aphids of the *Hyalopterus pruni* complex produce a bisexual generation on various *Prunus* species (Rosaceae) (primary hosts) in autumn, which alternates with several unisexual (all females) generations produced parthenogenetically on *Prunus* species in spring and on secondary hosts, such as *Phragmites communis* Trin. and *Arundo donax* L. (Poaceae) during summer. The plum mealy aphid, *Hyalopterus pruni* complex forms colonies on the lower leaf surface, on twigs and even on branches (*cf.* photos 1 and 2) feeding on sap and cellular juice. This species produce honeydew on which sooty-mould grows. As a consequence the physiological processes (photosynthesis, transpiration, respiration) are seriously affected due to premature leaf drop.

This study was planned to find out some eco-friendly substances/ chemicals against the mealy plum aphid *Hyalopterus pruni* species complex. Thus, were tested Neem and Rotenone extracts along with Insecticidal Soaps and light mineral oils which are known for their use against aphids (Perring *et al.*, 1999; Edelson *et al.*, 2002), as alternatives to chemicals insecticides in a certified organic almond orchard.



Photo 1. Colonies of *Hyalopterus pruni* complex on the underside of almond leaves (Jammel locality April 3, 2007)



Photo 2. Colonies of *Hyalopterus pruni* complex on the branch of almond (Jammel locality April 10, 2007)

2. MATERIALS AND METHODS

The study was conducted in a certified organic almond belonging to « Centre de formation Agricole de Jammel » in the centre-East of Tunisia. A randomized block design was used with five replications and an untreated control. Each treatment includes 2 neighboring trees. Sprays were undertaken in the year 2008 on April 8, April 14 and May 6 and on March 27 and 10 April in 2009. The active ingredients, commercial names and doses of bio-insecticides are presented in Table 1. All treatments were applied with an 18-liter backpack sprayer. Every tree has received on average 2 liters of solution. **Sampling method:** before the first spray, 100 leaves were sampled from about 20 almond trees, transported to the laboratory in plastic bags for further assessment.

After sprays, two almond twigs (10 to 20 cm in length) were sampled per cardinal point (North, South, East, West and Center) for a total of 20 twigs per treatment. Leaves were examined in the laboratory using a stereomicroscope to count the aphid morphs presents (young larvae, medium larvae and apterous adults).

Statistical analysis: the aphid infestation scores were analyzed by a one way analysis of variance (ANOVA) using the Minitab Version 13.0 statistical package. The least significant difference was calculated when values were significantly different ($P < 0.05$).

Table 1. Characteristics of the tested products and doses used

Product names	Active ingredients	Doses used	Companies	
Kabon	Potassium soap (50%)	400 ml/100 liter water	Atlantica (Spain)	Agricola
Biosoap	Potassium salt of fatty acid (49%)	250 ml/100 liter water	Koppert	
Oleargan	Neem extract (30%)	100 ml/100 liter water	Atlantica (Spain)	Agricola
Rotorgan	Rotenone extract (5%)	250 ml/100 liter water	Atlantica (Spain)	Agricola

3. RESULTS

In both study years, the aphid populations of *H. pruni* are present from late March to May culminating in April (Figure 1).

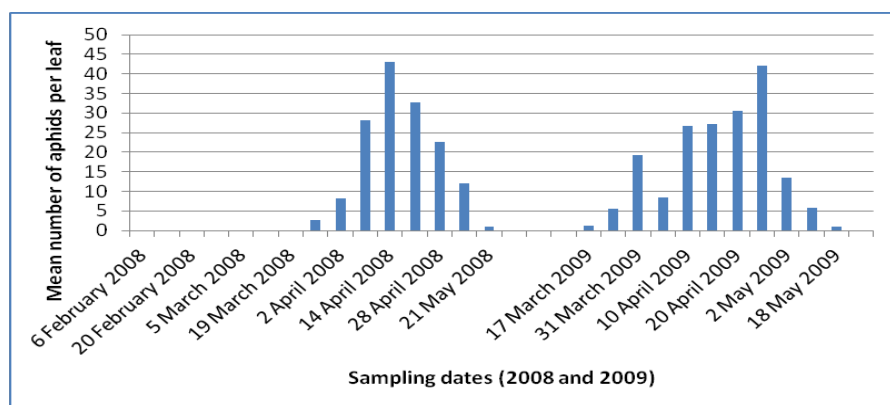


Figure 1. *Hyalopterus pruni* species complex population dynamics in almond orchard in 2008 and 2009. Mean of 100 leaves sampled in the orchard

Trials conducted in 2008

Just before sprays, the mean number of live aphids (small larvae, medium larvae and apterous adults) per leaf is the same for all treatments (28 aphids/leaf) (Fig. 1). Six days after the first spray (14 April 2008), the densities of aphid per leaf show significant difference between treated plots and control for all biological stages (small larvae, medium larvae and wingless adults) (One way ANOVA $P < 0.05$, Table 2). The population of aphid in the control plots are two to three-fold more important (Table 2)

Table 2. Mean number of aphids (small larvae, medium larvae and apterous adults) 6 days following the first spray in 2008.

Products	S. Larvae*	M. Larvae*	Apterous adults *	Total*
NEEM	7.5b	3.62b	0.87b	11.99b
ROTENONE	6.4b	2.80b	0.86b	10.06b
BIOSOAP	7.8b	4.82b	1.22b	13.84b
KABON	10.5b	3.11b	0.53b	14.14b
CONTROL	19.6a	9.38a	2.16a	31.14a

Statistical Analysis Small larvae $F_{4,75} = 5.5$; $P < 0.05$. Medium larvae $F_{4,75} = 8.3$; $P < 0.05$. Apterous adults

$F_{4,75} = 7.35$; $P < 0.05$. Total $F_{4,75} = 6.5$; $P < 0.05$

*Means in the same column with the same letter were not significantly different (Test F followed by the Least Significant Difference Test).

Table 3. Mean number of aphids (small larvae, medium larvae and apterous adults), 14 days following the first spray and 7 days after the second spray in 2008

Products	S. Larvae*	M. Larvae*	Apterous adults *	Total*
NEEM	0.59a	0.70a	0.17a	1.46a
ROTENONE	1.03a	1.27a	0.38a	2.58a
BIOSOAP	1.05a	2.10a	0.46a	3.61a
KABON	1.74a	0.79a	0.47a	3a
CONTROL	4.47b	6.3b	1.79b	12.56b

Statistical Analysis : Small larvae $F_{4,75} = 5.5$; $P < 0.05$ Medium larvae $F_{4,75} = 29.9$; $P < 0.05$. Apterous adults $F_{4,75} = 8.26$; $P < 0.05$. Total $F_{4,75} = 11.5$; $P < 0.05$.

*Means in the same column with the same letter were not significantly different (Test F followed by the Least Significant Difference Test).

Seven days after the second spray and 14 days after the first spray, the aphid population in the control plots remains high compared with plots treated with bio-insecticides particularly small and medium larvae (ANOVA, 1 factor $P < 0.05$ (Table 3).

Table 4. Mean number of aphids (small larvae, medium larvae and apterous adults) 14 days following the second spray in 2008

Products	S. Larvae*	M. Larvae*	Apterous adults*	Total*
NEEM	4.91	4.6a	0.72a	10.23a
ROTENONE	1.77a	2.0a	0.77a	4.54a
BIOSOAP	2.42a	3.90a	0.99a	7.31a
KABON	1.95a	1.0a	0.31a	3.26a
CONTROL	8.02b	7.03b	1.1a	16.15b

Statistical Analysis : Small larvae $F_{4,75} = 2.76$; $P < 0.05$ Medium larvae $F_{4,75} = 12.45$; $P < 0.05$ Apterous adults $F_{4,75} = 2.30$; $P = 0.32$; Total $F_{4,75} = 11.5$; $P < 0.05$

*Means in the same column with the same letter were not significantly different (Test F followed by the Least Significant Difference Test).

The same difference was observed 14 days following the second bio-insecticide sprays (28 April) and 22 days after (ANOVA, 1 factor $P < 0.05$. Tables 4 and 5). However, the aphid densities show similar value after the third spray with no significant difference between treated plots and untreated plots (Table 6).

Overall, there are significant decreases in *H. pruni* species complex densities (small larva, medium larvae and apterous adults) in treated plots for about 5 weeks following sprays. Globally, the tested products show similar efficacy with a minor advantage of Neem extract (Tables 4, 5 and 6)

Table 5. Mean number of aphids (small larvae, medium larvae and apterous adults) 22 days following the second spray in 2008

Products	S. Larvae*	M. Larvae*	Apterous adults*	Total*
NEEM	4.91ab	4.6a	0.73a	10.24a
ROTENONE	1.44a	1.7a	0.68a	3.82a
BIOSOAP	2.42a	4.0a	1.04a	7.46a
KABON	1.91a	1a	0.31a	3.22a
CONTROL	8.02b	9.7b	0.48a	18.2b

Statistical Analysis : Small larvae $F_{4,75} = 29.85$; $P < 0.05$. Medium larvae $F_{4,75} = 17.36$; $P < 0.05$. Apterous adults $F_{4,75} = 1.26$; $P = 0.11$ Total $F_{4,75} = 10.5$; $P < 0.05$

*Means in the same column with the same letter were not significantly different (Test F followed by the Least Significant Difference Test).

Table 6. Mean number of aphids (small larvae, medium larvae and apterous adults), 8 days following the third spray in 2008

Products	S. Larvae*	M. Larvae*	Apterous adults*	Total*
NEEM	0.13a	0.01a	0.01a	0.15a
ROTENONE	0.06a	0.03a	0.01a	0.1a
BIOSOAP	0a	0a	0a	0a
KABON	0a	0a	0a	0a
CONTROL	0.5a	0a	0a	0.5a

Statistical Analysis : Small larvae $F_{4,75} = 0.81$; $P = 0.52$ Medium larvae $F_{4,75} = 0.85$; $P = 0.49$ Apterous adults $F_{4,75} = 1.29$; $P = 0.28$ Total $F_{4,75} = 0.94$; $P = 0.69$

* Means in the same column with the same letter were not significantly different (Test F followed by the Least Significant Difference Test).

Trial conducted in 2009

Three days before the first spray (on March 24, 2009), the mean number of aphid (larvae and apterous adults) was 5.17 (Figure 1). Four days following the first spray (on 31 March 2009), the density of aphid did not significantly varies ($F_{4,20} = 1.70$ $P = 0.18$) showing variations in which plots treated with Kabon were less infested (Table 7); this situation changed thereafter where infestation increases drastically almost 1 moth after sprays (Table 6).

The effectiveness of these products was confirmed in 2009 trial in comparison with control, however, the highest aphid population suppression was found with the application of neem extract (Oleorgan) followed by Rotenone (Rotorgan), while the lowest population suppression was found with Kabon and Biosoap (Table 7). Ten days after the second spray (10DAT2) there is a significant difference on aphid infestation between treated and control plots, in which plots treated with Neem extracts harbored the low aphid densities. Twenty four days after the second spray Neem, Biosoap and Rotenone plots were less infested than control or Kabon treated plots (Table 7 Continued).

Table 7. Mean number of aphid per leaf (larvae and apterous adults), days after treatments (DAT)

Products	4DAT1 ^{*(1)}	7DAT1 ^{*(2)}	14DAT1 ^{*(3)*}	10DAT2 ^{*(4)}
NEEM	8.22a	7.64a	18.12a	4.22a
ROTENONE	14.32a	9.72a	17.70a	22.82b
BIOSOAP	5.60a	9.56a	35.44a	23.56b
KABON	1.96a	8.16a	41.06a	40.42b
CONTROL	7.40a	7.48a	19a	45.32b

Statistical Test $F_{4,20} = 1.70$ $P = 0.189$ $F_{4,20} = 0.06$ $P = 0.99$ $F_{4,20} = 0.89$ $P = 0.49$ $F_{4,20} = 3$ $P = 0.041$

⁽¹⁾ On 31 March 2009

⁽²⁾ On 7 April 2009

⁽³⁾ On 10 April 2009 (= 7DAT2)

⁽⁴⁾ On 17 April 2009

* Means in the same column with the same letter were not significantly different (Test F followed by the Least Significant Difference Test).

Table 8 (Continued). Mean number of aphid per leaf (larvae and apterous adults), days after sprays (DAT)

	13DAT2 ^{*(5)}	20DAT2 ^{*(6)}	24DAT2 ^{*(7)}	33DAT2 ^{*(8)}
NEEM	24.28a	35.40a	9.24a	0.08a
ROTENONE	37.04a	20.82a	3.94a	1.82a
BIOSOAP	30.78a	58.18a	3.60a	0.36a
KABON	31.18a	25.84a	18.26ab	0.90a
CONTROL	29.42a	69.86a	31.7b	0.94a

Statistical test $F_{4,20} = 0.37$ $P = 0.82$ $F_{4,20} = 2.66$ $P = 0.015$ $F_{4,20} = 3.89$ $P = 0.49$ $F_{4,20} = 1.03$

* Means in the same column with the same letter were not significantly different (Test F followed by the Least Significant Difference Test).

⁽⁵⁾ On 20 April 2009

⁽⁶⁾ On 27 April 2009

⁽⁷⁾ On 2 May 2009

⁽⁸⁾ On 11 May 2009

4. DISCUSSION

Our results show good efficacy of plant extracts particularly Neem and Rotenone in the reduction of aphid infestation in Almond orchards. Potassium salts performed less than Neem or Rotenone. Also, Diarisso *et al.* (2005) reported that spraying extracts from neem seed (*Azadirachta indica*) could effectively control aphids in Sorghum. Moreover, the transmission of viruses by aphids may be reduced by neem applications hence, transmission of potato virus Y to sweet pepper by the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer), was inhibited by foliar applications of 1.0% or 2.0% neem seed oil to infected source plants or to uninfected recipient plants (Lowery *et al.*, 1997). Ochieng and Nderitu (2011) tested two soft products (Neem extract and dish washing soap teepol) and hard product (Karaté) to control the peach aphid, *Myzus persicae* in garden peas and demonstrated the effectiveness of Neem and "teepol" suggesting their possible use since they are friendly for aphid parasitoids.

Azadirachtin, a tetranortriterpenoid isolated from the seeds of neem tree, *Azadirachta indica* (Meliaceae), acts as an antifeedant and inhibits the growth and the development of several insects (Meisner *et al.*, 1981; Raffa, 1987). The compound is effective against several insects (Mordue & Blackwell, 1993). Rotenone has been reported to be an excellent insecticide against a wide range of insect pests. Davidson (1930) found that rotenone was a toxic and effective contact insecticide against several species of whiteflies, aphids, caterpillars and mites. However the use of rotenone is limited to organic food production. In California (USA), about 200 kg are used annually, mostly on lettuce and tomato crops (Isman, 2006). Rotenone is widely used in organic olive farming for the control of *Bactrocera oleae* (FAO, 2010).

Insecticide soaps (Kabon, Biosoap) are made from potassium salts of various fatty acids killing insects that are hit by sprays (Nielsen, 1990). They are classified as least toxic chemicals since they have non-persistent residues.

We did not evaluate the activity of aphid natural enemies (particularly lady birds, lacewings and the parasitoid *Aphidius transcaspicus*) in the orchard before and after bio-insecticide applications, but we consider that their toxicity is lower compared with broad spectrum insecticides. Nevertheless, while organically-approved insecticides may have a low toxicity to beneficial insects, they are not necessarily completely benign. Lo and Blank (1992) tested mineral oils on the predation of scale insects by the steel blue ladybird *Halmus chalybeus*. Although no ladybirds were killed, the oil did disrupt their feeding.

Several natural enemies attack *Hyalopterus pruni*, including the eleven spotted lady bird *Coccinella undecimpunctata*. We noticed that the population of this ladybird was numerous at the trial site in May, but was still scarce in April when aphid damage was already apparent and abundant (Fig 1). Increases in the population of lady birds and aphids were not sufficiently well synchronized to prevent aphid outbreaks. Alternatives to chemical insecticides, neem, rotenone oils or soaps and despite of their lower toxicity can be effective if they were more compatible with natural enemies. An organic insecticide cannot be fully recommended for use against *Hyalopterus pruni* until its compatibility with natural enemies such as eleven-spotted ladybirds and the parasitoid *Aphidius transcaspicus*.

REFERENCES

- Barbagallo S., Cocuzza G., Cravedi P., and Shinkichi K., (2007). IPM case studies: Deciduous Fruit trees. In: Aphids as Crop Pests. Edited by H.F. Van Emden and R. Harrington. Cabi. Org. 762 p.
- Basky Z and Szalay-Marsz L., (1987). Study of isolation mechanisms in the *Hyalopterus pruni* and *Hyalopterus amygdali* complex. In: Population structure, genetic and taxonomy of aphids and Thysanoptera. Proceedings International Symposium. Smolinice. Czechoslovakia. Pp 370-376. SPB Publishing, The Hague, the Netherlands.
- CTAB., (2013). Centre technique de l'Agriculture Biologique. WWW.ctab.nat.tn. Accessed 10 December 2013.
- Davidson W.M. (1930). Rotenone as a contact insecticide. J. Econ. Entomol. 23 : 868- 874.
- Diarisso NY., Diourte M., Pendleton B.B., (2005). Use of local plants to control sorghum insect pests in the field. Int. Sorghum Millets News **146**, 60–62.
- Edelson J., Duthie J., Roberts W., (2002). Toxicity of biorational insecticides : activity against the green peach aphid, *Myzus persicae* (Sulzer). Pest. Manag. Sci. **58**:255–260.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010). Olive GAP Manual. Good Agriculture Practices for the Near East and North Africa Countries. 260 pages.

- Isman M.B., (2006). Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu. Rev. Entomol.* **51**:45–66.
- Jerraya A., (1997). Sur la dynamique des populations de *Hyalopterus pruni* Geoffroy (Horn., Aphididae) dans la région de Tunis. *J. Appl. Ent.* **121**, 373-382.
- Lo P.L. and Blank R.H., (1992). Effect of pesticides on predation of soft wax scale by the steel-blue ladybird. *Proc. 45th New Zealand Plant Protection Conference.* 99-102.
- Lowery D.T., Eastwell K.C., and Smirle M.J. (1997). Neem seed oil inhibits aphid transmission of potato virus Y to pepper. *Ann. appl. Biol.* **130**: 217-225.
- Meisner J., Ascher K.R.S., Aly R., & Warhben J.D.J. (1981). Response of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) and *Earias insulata* (Boisd.) larvae to azadirachtin and salannin. *Phytoparasitica.* **9**:27-32.
- Mordue A.J., & Blackwell A., (1993). Azadirachtin: an update. *J. Insect Physiol.* 39:903–924.
- Nielsen D.G., (1990). Evaluation of biorational pesticides for use in arboriculture. *J. Arboric.* **16**:82–88
- Ochieng S.O., and Nderitu P.W., (2011). Biocontrol approach to management of green peach aphid *Myzus persicae* in garden peas for a sustainable ecosystem. *Journal of Horticulture and Forestry.* **Vol. 3(8)**: 231-237.
- Perring T.M, Gruenhagen N.M, Farra C.A., (1999). Management of plant viral diseases through chemical control of insect vectors. *Annu. Rev. Entomol.* **44**: 457–481.
- Raffa K.F., (1987). Influence of host plant on deterrence by azadirachtin of feeding by fall armyworm larvae (Lepidoptera : Noctuidae). *Journal of Economic Entomology.* **80**: 384-387.

Le feu bactérien des rosacées fruitières a pépins dans la wilaya de Saida, Algérie

Yahiaoui Fatima Zohra*, Bekkouche Assai, Kerrache Ghaouti, Labani Abderrahmane
Ecologie et Environnement, Sidi Maamar N°15, Ain El Hadjar. Saida 20104, Algérie

*Email: doct.fati@yahoo.fr, A. Bekkouche : bekkouchassai@yahoo.fr, G. Kerrache: kerrache_g20@yahoo.fr, A. Labani: a_labani@hotmail.com

RESUME

Le feu bactérien des rosacées, est la plus grave maladie des rosacées à pépins, dont l'agent causal: *Erwinia Amylovora*. Cette bactérie est signalée pour la première fois en USA en 1780 à New York; en Juillet 2010 premier signalement en Algérie.

Les plantes hôtes de cette bactérie sont les arbres fruitiers à pépins: pommier, poirier, cognassier et néflier, les plantes ornementales: les cotonéasters, les pyracanthes, pommier du japon, et même les plantes sauvages: les aubépines et les sorbiers.

La bactérie responsable de la brûlure bactérienne peut attaquer toutes les parties de l'arbre, de telle sorte que les symptômes de la maladie sont désignés en fonction de la partie du plant qui est atteinte. On parle donc de brûlure de la fleur, de brûlure des pousses ou des rameaux, de brûlure du fruit, de brûlure des branches et du tronc, et de brûlure du collet ou du porte-greffe.

Les pertes les plus graves occasionnées par le feu bactérien surviennent lorsque les infections des fleurs et des pousses se propagent au vieux bois. La résolution de ce problème nécessite en premier lieu, la connaissance parfaite et une étude minutieuse des divers facteurs responsables au développement de cette bactérie. Le but de notre travail est de réaliser un inventaire quantitatif dans la wilaya de Saida, pour étudier l'impact des dégâts occasionnés sur les arbres fruitières à pépins dans notre région, et déterminer les meilleures opérations qu'ils été fait pour éliminer ou réduire les dégâts de le feu bactérien. D'après notre inventaire, au cours de l'année 2011-2012 on a une diminution importante dans les zones infectées par le feu bactérien.

Mots-clés: feu bactérien, arbre fruitier à pépins, plantes hôtes, inventaire quantitatif, Algérie

1. INTRODUCTION

Suite à l'identification de *Erwinia amylovora* sur Poirier au niveau de la commune de Koléa en Juillet 2010, une enquête de dépistage du feu bactérien a été lancée par l'INPV au niveau des régions arboricoles afin d'estimer le taux d'infection et d'identifier les zones touchées (INPV, 2011).

En Mai 2011, cette bactérie a été identifiée sur Néflier dans la Wilaya de Tipaza (Koléa). Suite à cela le Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural a mis en place un comité de suivi pour la mise en œuvre du programme de lutte contre le feu bactérien « *Erwinia amylovora* » impliquant la DPVCT, l'INPV, l'ITAFV, le CNCC et les Inspections Phytosanitaires, afin de lancer une opération visant une stratégie de lutte commune, contre cette bactérie sur l'ensemble des wilayas à vocation arboricole.

Des mesures phytosanitaires sont prises pour contenir la maladie et comprennent : des prospections dans les zones contaminées et non contaminées, la destruction des arbres infectés, l'interdiction du mouvement de matériel végétal à partir des zones contaminées, l'interdiction du mouvement des ruches à partir des zones contaminées pendant la floraison, la taille des pousses présentant des symptômes et la désinfection des outils de taille, des informations destinées aux arboriculteurs et aux pépiniéristes. Un comité national composé des diverses parties prenantes (administration, producteurs) a été constitué pour coordonner ce plan d'action (OEPP, 2011).

Erwinia amylovora a été détecté pour la première fois en 2011 dans la wilaya de Saida, sous contrôle officiel de la direction des services agricoles de la wilaya de Saida.

2. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

La wilaya de Saïda couvre une superficie totale de 6765 km², localisée au Nord-ouest de l'Algérie, elle est limitée au Nord par la wilaya de Mascara, au Sud par celle d'El Bayadh, à l'Est par la wilaya de Tiaret et à l'Ouest par la wilaya de Sidi Bel Abbés (Fig.1). La wilaya de Saïda est constituée de six daïras et de seize communes, qualifiée de territoire hybride, ni franchement steppique, ni franchement tellien (ANAT, 2008).

Le territoire de la wilaya se distingue par une palette d'entités géologique, géomorphologique, hydrogéologique, bioclimatique, pédologique et sociale en plus des richesses naturelles importantes et variées (Labani, 2005).

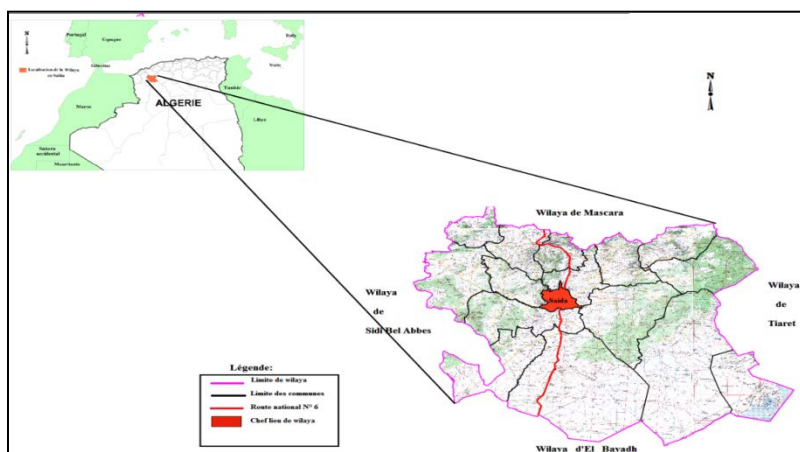


Figure 1. Situation géographique de la wilaya de SAIDA.

2. MATERIELS ET METHODES

L'enquête réalisée dans la région d'étude (wilaya de Saida), a pour objectif la réalisation d'un inventaire sur le feu bactérien des rosacées et la collecte du maximum d'informations sur cette maladie, les superficies infectées par cette maladie et les moyens de lutte dans la région d'étude.

Un bilan de trois ans (2010, 2011 et 2012) a été réalisé par la direction des services agricoles de la wilaya de Saida, sur les campagnes de lutte contre les fléaux agricoles, nous permet de cerner l'essentiel des maladies traitées par la DSA de Saida, les superficies infectées et les méthodes de lutte contre le feu bactérien.

3. GENERALITE SUR LE FEU BACTERIEN

3.1. L'agent causal

L'agent causal est la bactérie *Erwinia amylovora* qui colonise les tissus sous-corticaux de certaines espèces de la famille des Rosacées. Son rythme de multiplication et d'extension est favorisé par deux paramètres : température et humidité. Dès 10°C, elle entre en activité pour atteindre son rythme optimal de multiplication vers 24-27°C (Cartel, 1999).

Résistante au froid, elle hiverne dans un chancre de la plante hôte. L'été, elle se dissémine par un exsudat (inoculum) formé de gouttelettes sucrées de couleur laiteuse puis brunâtre. Elle peut aussi former des filaments légers, facilement transportables par les vents de haute altitude. Dès que les conditions climatiques deviennent favorables, elle se disperse pour coloniser de nouvelles victimes, dans lesquelles elle pénètre par des ouvertures naturelles, fleurs, blessures et sur les jeunes pousses.

Les agents responsables de la dispersion sont multiples : pluie, vent, outil de coupe, oiseaux, insectes ailés ou non. Dans la plante hôte, la bactérie est descendante et survit tant que le végétal reste vivant.

3.2. Plantes hôtes sensibles au Feu Bactérien (MAP, 2009)

	Noms latins	Noms français
Fruits à pépins	Malus	Pommier (y compris pommier d'ornement)
	Pyrus	Poirier (y compris poirier d'ornement et nashi)
	Cydonia	Cognassier
Arbustes d'ornement	Chaenomeles	Cognassier du Japon
	Cotonéaster	Cotonéaster
	Pyracantha	Pyracantha ou buisson ardent
	Mespilus	Néflier d'Allemagne
		Néflier du Japon
Arbustes sauvages	Photinia ou Stranvaesia	Stranvaesia
	Crataegus	Aubépine
	Sorbus	Alisier et Sorbier
	Amelanchier	Amélanchier

Source : Ministère de l'Agriculture et de la Pêche (2009).

3.3. Symptômes observés sur végétaux contaminés

La bactérie responsable de la brûlure bactérienne peut attaquer toutes les parties de l'arbre (Figure 2), de telle sorte que les symptômes de la maladie sont désignés en fonction de la partie du plant qui est atteinte.

On parle donc de brûlure de la fleur, de brûlure des pousses ou des rameaux, de brûlure du fruit, de brûlure des branches et du tronc, et de brûlure du collet ou du porte-greffe (SRPV Mascara, 2011).

- Flétrissement des inflorescences et des feuilles de bouquets floraux. Sur la fleur, le feu bactérien se manifeste d'abord par des pétales, des sépales et un réceptacle gorgés d'eau, puis par le flétrissement et le changement de couleur des tissus, qui passent du vert foncé au brun ou au noir. Les feuilles mortes restent attachées à la pousse pendant toute la saison de croissance et même durant l'hiver.

- Dessèchement, brunissement du feuillage des rameaux atteints comme « grillés » par le feu. Après les fleurs, ce sont les pousses succulentes et les gourmands ou drageons qui sont les organes les plus sensibles à l'infection. Les premiers symptômes se manifestent souvent plusieurs semaines après la floraison par le noircissement et l'affaissement caractéristique de l'extrémité des pousses qui se courbent en forme de crosse puis flétrissent, symptôme dit du « bâton de berger »

- Momification des jeunes fruits qui ne tombent pas. Les symptômes peuvent commencer à apparaître dans les 24 à 48 heures suivant un épisode de grêle. Le fruit infecté paraît d'abord vert grisâtre et gorgé d'eau, puis il brunit ou noircit et produit un exsudat laiteux qui suinte à sa surface.

- Présence d'exsudat: gouttelettes sur chancre et sur les écorces des zones parasitées. Les pertes les plus graves occasionnées par le feu bactérien surviennent lorsque les infections des fleurs et des pousses se propagent au vieux bois. Les chancres vont habituellement du brun au violet, ils sont déprimés et ont des pourtours fissurés.

- La brûlure du collet et du porte-greffe peut frapper la plupart des porte-greffes, se manifeste souvent au niveau du sol, Ce type de brûlure entraîne fréquemment la mort des arbres. Dans la zone atteinte, les tissus sous-jacents à l'écorce présentent souvent des stries rouge-brun.



Figure 2. Symptômes observés sur les différentes parties de la plante contaminée

4. STRATEGIE DE LUTTE

4.1. Lutte préventive

Le feu bactérien étant très contagieux, il est conseillé de ne pas toucher les arbres infectés.

Apurer l'inoculum en taillant les parties de bois malade, descendre au dessous de la zone touchée (20cm au-dessous).

- Après chaque coupe désinfecter les sécateurs à l'eau de javel 2% ou à l'alcool à brûler. Incinérer immédiatement le bois de taille.

- Raisonner les apports de fumure azotée.

- Lutter contre les insectes piqueurs- suceurs (pucerons, psylle, cicadelles).
- Eloigner les ruches à plus de 3Km des verges infectés.
- Supprimer les fleurs tardives (floraison secondaires sur bois d'un an).
- Choisir des variétés résistantes. Santa Maria semble la plus sensible en Algérie (capacité florifère importante, durée importante de la période florale).
- Pour les pépinières, ne pas prélever des greffons à partir des zones infestées.
- Pour les nouveaux vergers, ne planter que des plants indemnes.

4.2. Lutte chimique

Les populations de bactéries responsables de la brûlure peuvent gonfler rapidement dans les fleurs lorsque les températures montent à plus de 18 °C. Pour connaître les possibilités de lutte chimique. Le choix du moment des interventions est particulièrement important, du fait que le produit pulvérisé doit, pour donner un maximum de résultats, venir en contact direct avec l'organisme à combattre.

Dans tous les cas, bien lire l'étiquette du produit avant l'emploi et suivre à la lettre les directives du fabricant.

5. RESULTATS ET DISCUSSION

Une superficie de 535 ha a été prospectée en 2011, 24ha de la superficie prospectée est infectée par le feu bactérien, toute la superficie est traitée par l'inspection phytosanitaire de la wilaya (DSA, 2012). Dans l'année 2012, aucune infection n'a été détectée, donc une diminution de 24 ha a été constatée comparativement aux campagnes 2009-2010 et 2010-2011 (Figure 3).

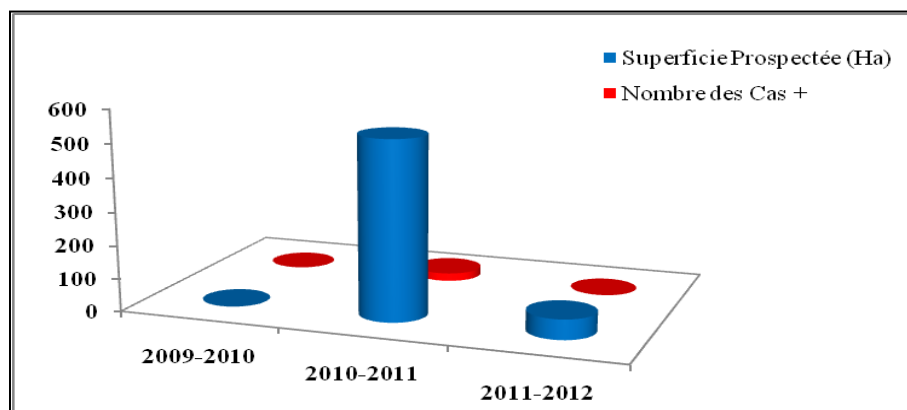


Figure 3. Campagnes de lutte contre le feu bactérien (DSA de Saida, 2012).

6. CONCLUSION

Il n'existe pas de traitement phytosanitaire efficace pour lutter contre le feu bactérien.

Les antibiotiques (streptomycine) utilisés aux USA sont interdits en France car ils présentent un risque de sélection de souches résistantes. À titre préventif, les produits cupriques (bouillie bordelaise) et la flumequine (Firestop) peuvent être employés selon un protocole conseillé par le technicien arboricole du département. La prévention et des mesures radicales peuvent limiter l'extension de la maladie:

- Contrôler régulièrement les plantes sensibles;
- Supprimer les branches atteinte en les coupant à 1 mètre en dessous du symptôme apparent; protéger les plaies par un traitement cuprique (mélange cuivre micronisé+ huile de lin ou mastic spécial arboriculture).
- Arracher les sujets fortement contaminés. Tous les bois seront brûlés sur place.
- Ramasser les fruits non récoltés (qui attirent les oiseaux).
- Éviter de planter ou de greffer les variétés trop sensibles, de toute façon interdites à la plantation (exemple: Passe- Crassane, Madame Ballet).
- Ne planter que des variétés tolérantes.
- Ne pas transplanter des essences sensibles venant de régions contaminées.

- Respecter les mesures d'hygiène: désinfection des mains, vêtements, outils de coupe, à l'eau javellisée ou à l'alcool.

Remerciements

Je remercie vivement toutes les personnes de la DSA du Saida, qui m'ont t'accueillie et aidés pour la réalisation de ce travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANAT (Agence Nationale D'aménagement Du Territoire). Décembre (2008). Plan d'Aménagement du Territoire de la Wilaya de Saida (PATW DE SAIDA) : Phase 1 Evaluation Territoriale.22p.
- Cartel B., (1999) : Le feu bactérien. Environnement. 86, rue Abbé THOMAS 45450 FAY-AUX-LOGES – T, pp : 293- 295.
- Direction des services agricoles de la wilaya de Saida. (2012) : Evaluation des opérations phytosanitaires : Bilan Comparatif *Campagnes : 2009- 2010/2010-2011 et 2011- 2012*.
- Institut National de la Protection des Végétaux. (2012). Bulletin d'informations phytosanitaires N° 24, ISSN 1112-2536. Avenue des Frères Ouadek Hacen Badi-El Harrach (ALGER).3p.
- LABANI A. (2005). Cartographie écologique et évaluation permanente des ressources naturelles et des espaces productifs dans la wilaya de Saida. Thèse de doctorat ; Univ. DJILALI LIABES de Sidi Bel Abbes. 1, 21-25.
- Ministère de l'Agriculture et de la Pêche. (2009). Le feu bactérien. FREDON PACA - Quartier Cantarel BP 162 – 84147 Montfavet Cedex.
- Organisation européenne et méditerranéenne pour la protection des plantes. (2011). OEPP
- Service d'Information : Ravageurs et maladies. N°6. 21 Bld Richard Lenoir 75011 Paris. 1p.
- Station Régionale de la Protection des Végétaux de Mascara. (2011). Le feu bactérien des rosacées fruitières à pépins. Bp 76 Rachidia Mascara 29000.

Effet *in vivo* et persistance d'action de l'azoxystrobine sur les feuilles de riz

Mansoura Bahous, Amina Ouazzani Touhami & Allal Douira

Université Ibn Tofail, Faculté des sciences, Département de Biologie, UFR de Mycologie, Laboratoire de Botanique et de Protection des Plantes, BP 133, Kénitra, Maroc.

RESUME

L'activité antifongique de l'azoxystrobine a été testée sur *Helminthosporium oryzae*, *H. sativum*, *H. spiciferum*, *H. australiensis* et *Curvularia lunata* champignons responsables des lésions foliaires chez le riz. *In vivo* sur le cultivar Arco, le traitement préventif s'avère plus efficace que le traitement curatif et réduit plus la production des conidies que la sévérité de la maladie. Appliqué en un seul traitement sur les feuilles de variétés de riz Elio Lido et Taibonnet, l'azoxystrobine a montré une persistance d'action une deux et trois semaines de son application vis-à-vis des pathogènes testés. La sévérité de la maladie est sévèrement réduite pendant les deux premières semaines. Le nombre de conidies produites sur les lésions foliaires reste faible après trois semaines avec une inhibition de la sporulation supérieure à 57%.

Mots clés: Riz (*Oryza sativa*), azoxystrobine, *Curvularia lunata*, *Helminthosporium*, *in vivo*, persistance d'action

1. INTRODUCTION

Le Riz est sujet à diverses maladies cryptogamiques qui compromettent la récolte en quantité et/ou en qualité, parfois dans des proportions considérables. Au Maroc, la plupart des variétés cultivées dans le Gharb et dans le Loukkous (Nord-Ouest du Maroc) sont sensibles à plusieurs espèces fongiques telles que *Pyricularia oryzae*, responsable de la pyriculariose [7,9,14,41], *Curvularia lunata*, agent de la curvulariose [22-23], *Helminthosporium oryzae* [11], *H. spiciferum* [15], *H. australiensis* et *H. sativum*, qui occasionnent une helminthosporiose [36]. *Pyricularia oryzae* et *Helminthosporium oryzae* sont deux espèces dominantes, mais l'observation microscopique montre la présence de plusieurs champignons potentiellement pathogènes sur une même lésion foliaire [8]. La lutte chimique reste le principal moyen de lutte préconisé à court terme. Les fongicides d'inhibition Qo constituent une classe relativement nouvelle de fongicides, développée à partir de métabolites produits par certains Basidiomycètes et Myxobactéries [3,18,33], tels la strobilurine A, l'oudemansine A et le myxothiazole [5]. Leur activité fongitoxique s'exerce au niveau du site de réduction ubihydroquinone Qo, en bloquant le transfert d'électrons entre les cytochromes b et c1 de la chaîne respiratoire mitochondriale [6,42], inhibant ainsi la production d'ATP et par conséquent la croissance du champignon [5,20,28,38]. Avec un mode d'action totalement différent des triazoles, des propriétés originales de distribution dans la plante et un large spectre d'action, ces matières actives ouvrent de nouvelles perspectives sur le marché des fongicides. Elles agissent sur différents pathogènes appartenant aux Ascomycètes, Basidiomycètes, Deutéromycètes et Oomycètes [2,23,30]. L'azoxystrobine appartient à la famille chimique des strobilurines, fongicides systémiques à large spectre [2,20,33-34]. Il s'agit du méthyl (E)-2- {2[6-(2-cyanophénoxy)pyrimidin-4-yloxy]phényl}-3-méthoxyacrylate de méthyle (C22H17N3O5) [1].

Au Maroc, cette molécule est autorisée pour protéger certaines cultures telles que la Vigne, la Tomate, le Poivron et les Cucurbitacées contre l'oïdium, le mildiou et l'alternariose. Sur les céréales, elle est usée contre les rouilles, les septorioses et bientôt contre les helminthosporioses et les fusarioses des épis [29].

Outre son mode d'action totalement différent des autres fongicides et son large spectre d'action, l'azoxystrobine est dotée de propriétés systémiques. Elle pénètre à l'intérieur des tissus de l'hôte pour arrêter le développement des champignons et bloquer la progression de la maladie [4-6,19]. Par ailleurs, à partir du stade floraison, le Blé protégé avec une strobilurine produit 8 à 10 % de biomasse supplémentaire dans les feuilles. Le feuillage est maintenu vert et fonctionnel plus longtemps, assurant ainsi une longue période de photosynthèse et une augmentation du remplissage des grains [27].

Les produits systémiques sont habituellement utilisés à doses plus ou moins faibles et appliqués peu fréquemment suite à leur persistance d'action sur les organes traités.

Au Japon, l'azoxystrobine est utilisée avant la transplantation du Riz et est connue pour contrôler le flétrissement de la gaine [28]. Cependant, aucune information n'est disponible sur son usage dans les

rizières marocaines. C'est pourquoi nous nous sommes fixés comme objectif d'étudier l'efficacité de l'azoxystrobine in vivo sur quelques espèces fongiques pathogènes du Riz et sa persistance d'action sur les feuilles de trois cultivars de Riz une, deux et trois semaines après application de cinq pathogènes fongiques.

2. MATERIELS ET METHODES

Matériel fongique

Les espèces fongiques sont obtenues à partir de lésions foliaires de pieds de Riz, cultivar 'Triomphe' pour *Helminthosporium oryzae* et *H. spiciferum*, 'Bahja' pour *H. sativum*, 'Samar' pour *H. australiensis* et 'Kenz' pour *Curvularia lunata*. Les six pathogènes sont entretenus sur le milieu Farine de riz (14 g farine de Riz ; 4 g extrait de levure ; 15 g agar ; 1000 ml eau distillée). L'incubation a lieu à l'obscurité à 28°C.

Fongicide testé

Le fongicide utilisé est l'Ortiva® (Zeneca Agrochemicals), commercialisé sous forme d'une suspension liquide concentrée et soluble dans l'eau, contenant 250 g/l d'azoxystrobine. Les doses homologuées varient entre 0,08 et 1 l/ha selon les espèces cultivées [16,40].

Matériel végétal

Les grains du Riz 'Arco' sont stérilisés par trempage deux minutes dans une solution d'hypochlorite de sodium à 15 %. Ils sont par la suite rincés plusieurs fois à l'eau distillée stérile, puis déposés dans des boîtes de Petri de 180 mm de diamètre contenant du coton imbibé d'eau distillée stérile. La germination a lieu à l'obscurité à 28°C. Trois jours après la mise en germination des grains, les plantules sont repiquées dans des pots contenant le sol provenant de la Mamora (massif forestier du Maroc entre Mehdiya, Casablanca et Meknès) et mises en serre. Les plantules sont arrosées à l'eau du robinet jusqu'au stade requis pour l'inoculation, soit 4 à 5 feuilles par pied.

Pour la persistance d'action de l'azoxystrobine les grains de Riz des cultivars 'Elio', 'Lido' et 'Taibonnet' ont été utilisés.

Préparation de l'inoculum

Helminthosporium oryzae et *H. sativum* sont cultivés sur le milieu Farine de riz et incubés sous lumière continue. *Helminthosporium spiciferum*, *H. australiensis* et *Curvularia lunata* sont placés sur milieu PSA [Potato Sucrose Agar] (200 g pomme de terre, 20 g saccharose, 15 g agar, 1000 ml eau distillée) et incubés à l'obscurité à 28°C.

Après dix jours d'incubation, la surface chargée des spores est raclée stérilement à l'aide d'une spatule métallique en présence de 10 ml d'eau distillée stérile. La suspension est ensuite agitée pendant une minute puis filtrée à travers une mousseline pour séparer les spores des fragments mycéliens. Après comptage à l'aide d'une cellule de Malassez, la suspension sporale est ajustée avec de l'eau distillée stérile de façon à obtenir une concentration finale de 10⁵ spores/ml. La suspension est ensuite additionnée de 0,05% de Tween 20 et 0,5 % de gélatine.

Inoculation

L'inoculation des pieds est faite par pulvérisation de 60 ml de la suspension sporale du champignon additionnée de 0,05 % de Tween 20 et 0,5 % de gélatine. Pour le témoin sain, la suspension est remplacée par de l'eau distillée stérile additionnée des mêmes concentrations en Tween 20 et en gélatine.

Traitement par le fongicide

Les pieds de riz, divisés en deux lots (contenant chacun 120 pots en plus de 18 pots pour les témoins avec 3 plantes par pot), sont pulvérisés par une solution du fongicide à diverses concentrations d'azoxystrobine (0, 2000, 2500, 3750 et 5000 ppm) soit 48 h avant l'inoculation par le pathogène pour le traitement préventif, soit 48 h après pour le traitement curatif.

Les plantes sont ensuite placées 48 h sous des housses en plastique noir, pulvérisées d'eau stérile permettant de maintenir une humidité relative élevée.

Persistence d'action

Pour chaque cultivar, trois lots de 144 pots ont été pulvérisés une seule fois par la solution du fongicide à 2000 ppm au stade trois à quatre feuilles. L'inoculation des feuilles par les suspensions sporales de chaque pathogène est effectuée 7 jours après le traitement chimique pour le premier lot, 14 jours pour le deuxième lot et 21 jours pour le dernier. Des plantes témoins sans traitement chimique ont été inoculées par les suspensions sporales des pathogènes au 7^e, 14^e et 21^e jour. Comme on n'observe pas de différences significatives importantes entre les indices de sévérité notés sur les feuilles, surtout entre le 7^e et 14^e jour, seuls les résultats du témoin au 7^e jour, après le stade de 3 à 4 feuilles, ont été reportés. Après chaque inoculation, les plantes sont placées pendant 48 h sous des housses en plastique noir et pulvérisées d'eau stérile afin de maintenir une humidité relative élevée. Les pots sont transférés par la suite en serre.

Notation des résultats

La notation est faite sept jours après l'inoculation selon l'échelle de notation de Notteghem et al. [34] qui donne une estimation de la sévérité de la maladie à partir du pourcentage de surface foliaire malade

Note Xi	Surface foliaire malade (%)
0	0
1	0,05
2	0,5
3	1,5
4	3,5
5	7,5
6	17,5
7	37,5
8	62,5
9	87,5

L'indice de sévérité IS est calculé selon la formule suivante :

$$IS (\%) = \frac{\sum Xi \cdot ni}{9Nt} \times 100$$

IS : Indice de sévérité de la maladie

Xi : Sévérité de la maladie (Note)

ni : Nombre de plantes de sévérité i

Nt : Nombre total de plantes observées

9 : Note la plus élevée de l'échelle.

Les pourcentages de réduction de la maladie RM sont calculés selon la formule suivante :

$$RM(\%) = \frac{ISm - ISa}{ISm} \times 100$$

ISm : Indice de sévérité de la maladie noté sur les plantes inoculées

ISa : Indice de sévérité de la maladie noté sur les plantes inoculées et traitées par l'azoxystrobine.

Sporulation sur hôte

La sporulation sur l'hôte est estimée par le nombre moyen de conidies produites par unité de surface de lésion (cm²) [25]. Sept jours après l'inoculation, les feuilles présentant des lésions sont prélevées et découpées en carrés d'1 cm². Ces fragments sont déposés dans des boîtes de Petri contenant chacune 2 rondelles de papier filtre stérilisé et imbibées d'eau distillée stérile. Les boîtes sont incubées entre 48 à 72 heures sous lumière continue à température ambiante. Puis dix fragments provenant d'une même plante sont mis dans des tubes à essai contenant 1 ml d'eau distillée stérile.

Les tubes sont ensuite agités de manière à détacher les conidies. La richesse des suspensions ainsi obtenues est déterminée à l'aide d'une lame de Malassez et le nombre de conidies est ramené à la surface unitaire de lésion. L'observation est faite au microscope optique au grossissement X 100. Le comptage des spores est répété trois fois. Le pourcentage d'inhibition de la sporulation sur l'hôte Ish par rapport au témoin est calculé comme suit :

$$\text{Ish}(\%) = \frac{\text{Nho} - \text{Nhc}}{\text{Nho}} \times 100$$

Nh0 : Nombre de conidies estimées sur l'hôte inoculé par le pathogène seul.

HhC : Nombre de conidies estimées sur l'hôte inoculé par le pathogène et traité par une concentration C du fongicide.

Analyse statistique

Le traitement statistique des données a porté sur l'analyse de la variance et le test ppds (plus petite différence significative) au seuil de 5 %.

3. RESULTATS

Action in vivo

L'azoxystrobine apparaît plus ou moins efficace (Tableau 1). En jouant sur la dose appliquée et le type de traitement, on peut escompter au moins 54,2 % d'inhibition (observés pour *Helminthosporium sativum* avec 5000 ppm et un traitement curatif). L'augmentation de la dose ne s'accompagne pas forcément d'une meilleure efficacité. À 5000 ppm, *Helminthosporium oryzae* présente un pourcentage de réduction de sévérité de la maladie plus faible qu'à 3750 ppm, aussi bien en traitement curatif que préventif. Au contraire, *H. spiciferum* présente de meilleurs résultats à 5000 ppm qu'à 3750 ppm. On obtient de meilleurs résultats en traitement préventif qu'en traitement curatif. De même, on obtient une meilleure inhibition de la sporulation qu'une réduction de la sévérité de la maladie. Ainsi, on a plus de 74,1 % d'inhibition de la sporulation en traitement préventif et plus de 53,3 % en traitement curatif, alors qu'on a seulement plus de 27,3 % de réduction de sévérité de la maladie en traitement préventif et plus de 20,4 % en traitement curatif.

Tableau 1. Efficacité de l'azoxystrobine sur le pourcentage de réduction de la maladie et le pourcentage d'inhibition de la sporulation sur l'hôte de cinq espèces fongiques pathogènes sur les feuilles de la variété de riz 'Arco'.

Espèces fongiques	Azoxystrobine (ppm)	Traitement préventif		Traitement curatif	
		% RM	% Ish	% RM	% Ish
<i>Helminthosporium oryzae</i>	2500	81,1 a	78,0 b	61,3 a	61,3 b
	3750	78,9 a	95,2 a	54,1 a	97,1 a
	5000	54,6 b	97,1 a	36,2 b	77,0 a
<i>Helminthosporium sativum</i>	2000	52,1 c	96,9 b	31,0 b	96,8
	2500	60,7 bc	97,7 ab	43,7 a	91,0
	3750	71,1 b	97,5 ab	51,5 a	91,0
	5000	88,1 a	100 a	54,2 a	96,7
<i>Helminthosporium spiciferum</i>	2000	27,3 c	88,4 ab	32,4 b	77,8 b
	2500	47,9 b	74,1 b	37,2 ab	85,8 ab
	3750	54,4 b	95,0 a	41,4 ab	96,2 a
	5000	95,6 a	96,1 a	67,5 a	96,1 a
<i>Helminthosporium australiensis</i>	2000	30,2 c	96,3 b	20,4 c	92,7
	2500	43,4 bc	93,1 c	38,6 b	93,1
	3750	53,6 b	95,4 b	59,2 a	90,3
	5000	71,5 a	97,5 a	36,2 b	97,5
<i>Curvularia lunata</i>	2000	46,	93,7	45,0 b	88,3 ab
	2500	52,7	97,9	49,3 b	95,0 a
	3750	64,0	95,0	50,9 b	75,1 b
	5000	49,8	94,8	88,2 a	95,9 a

Pour chaque espèce fongique deux résultats de la même colonne affectés par la même lettre, ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % selon le test PPDS

Persistance d'action

L'azoxystrobine appliquée en un seul traitement, protège les feuilles du Riz contre les différents pathogènes testés pendant au moins deux semaines (Tableau 2).

La réduction de la sévérité de la maladie après traitement par le fongicide est importante durant la première et la deuxième semaine. Les pourcentages de réduction notés sur les feuilles d' 'Elio', 'Lido' et 'Taibonnet' au 7^e et 14^e jour ne diffèrent pas significativement. Pour la troisième semaine, les pourcentages de réduction de la sévérité de la maladie sur les feuilles des trois variétés tendent à diminuer. La différence reste cependant non significative pour les feuilles d' 'Elio' inoculées par *H. spiciferum*, *H. australiensis* et *Curvularia lunata* et pour les feuilles de 'Lido' inoculées par *C. lunata* ; les pourcentages de réduction restent alors élevés, compris entre 67,6 et 83,4 %.

Les pourcentages de réduction de la sporulation des pathogènes sur les feuilles des trois variétés sont importants au cours des deux semaines qui suivent le traitement (Tableau 3). Pour la troisième semaine, le pourcentage d'inhibition de la sporulation ne diminue pas toujours significativement.

Tableau 2. Persistance d'action de l'azoxystrobine, suite à une seule pulvérisation des plantules, sur la réduction de la sévérité de la maladie induite par cinq pathogènes fongiques sur les feuilles de trois variétés de Riz

Variétés	Jour		Espèces fongiques				
			Helminthosporium				Curvularia
			oryzae	sativum	spiciferum	australiensis	lunata
Elio	7	Is	8,3	10,7	0,0	3,1	0,0
		Rm	80,3a	77,5a	100a	88,2a	100a
	14	Is	11,6	12,0	2,8	5,9	1,2
		Rm	78,4a	74,8a	89,9a	78,1a	96,5a
	21	Is	24,7	20,4	8,9	7,4	5,9
		Rm	41,8b	57,3b	67,6a	72,3a	83,4a
		Is tem	42,4	47,7	27,5	26,7	35,8
Lido	7	Is	13,4	2,2	1,7	2,9	2,8
		Rm	73,1a	95,6a	93,5a	89,2a	91,2a
	14	Is	14,7	5,9	7,4	7,9	4,4
		Rm	70,5a	88,3a	71,0ab	71,2ab	85,8a
	21	Is	26,9	25,9	16,0	13,7	8,9
		Rm	40,7b	48,5b	37b	49,7b	71,4a
		Is tem	50,0	50,4	25,5	27,4	31,3
Taibonnet	7	Is	7,2	1,6	0,7	0,0	0,0
		Rm	85,4a	96,9a	97,3a	100a	100a
	14	Is	6,5	6,5	6,6	5,2	1,8
		Rm	86,8a	87,1a	75,4ab	71,6a	91,7a
	21	Is	23,4	21,7	14,9	11,9	10,0
		Rm	52,2b	56,5b	45,1b	34,8b	54,7b
		Is tem	49,1	50,1	27,3	18,2	22,2

Pour chaque espèce fongique, deux valeurs de la même colonne affectées par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

Is : Indice de sévérité de la maladie

Is Tém : Indice de sévérité de la maladie au 7^e jour du témoin non traité par l'azoxystrobine

RM : Pourcentage de réduction de la maladie

Tableau 3. Persistance d'action de l'azoxystrobine, suite à une seule pulvérisation des plantules, sur la réduction de la sporulation de cinq pathogènes sur les feuilles de trois variétés de Riz.

Variétés	Jour		Espèces fongiques				
			Helminthosporium				Curvularia
			oryzae	sativum	spiciferum	australiensis	lunata
Elio	7	Msp/cm2	8,3	9,0	0,0	2,3	0,0
		% Ish	82,6a	85,2a	100a	95,1a	100a
	14	Msp/cm2	7,0	8,3	7,3	2,0	22
		% Ish	85,7a	86,3a	91,7a	95,8a	69,0b
	21	Msp/cm2	19,6	26	14	0	4,3
		% Ish	59ab	57,9b	83,9ab	100a	93,9b
Lido	7	Msp/cm2	15,6	6,0	13,6	1,6	26
		% Ish	71,3a	90,5a	88,5a	96,7a	69,4a
	14	Msp/cm2	16	4,6	5,3	0,6	20,6
		% Ish	70,7a	92,6a	95,5a	98,7a	75,7a
	21	Msp/cm2	22,3	8,3	19,3	6,3	13,3
		% Ish	60,1a	86,2a	83,7ab	87,4b	84,3a
Taibonnet	7	Msp/cm2	4,3	2,0	11,3	0	24,3
		% Ish	86,8a	95,9a	88,8a	100a	86,5a
	14	Msp/cm2	10,3	7,3	6,6	0,6	13,6
		% Ish	68,0a	85,1a	93,4a	98,4a	77,7a
	21	Msp/cm2	12,3	2,3	18,6	0	8,3
		% Ish	61,8a	95,2a	81,5ab	100a	86,5ab
		témoin	32,3	49,3	101,2	41,3	61,6

Pour chaque espèce fongique, deux valeurs de la même colonne affectées par la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 %.

Msp/cm2 : Milliers de spores produites par cm2

Témoin : Milliers de spores produites par cm2 au 7^e jour sur le témoin non traité par l'azoxystrobine

%Ish: Pourcentage d'inhibition de la sporulation sur l'hôte

4. DISCUSSION ET CONCLUSION

In vivo, l'application de l'azoxystrobine en traitement préventif a permis une réduction de la sévérité de la maladie ainsi qu'une inhibition importante de la sporulation des pathogènes sur les feuilles de Riz.

L'azoxystrobine agit à la surface des feuilles durant les premiers stades de l'infection en inhibant la germination des spores, par opposition aux inhibiteurs de biosynthèse de stérols qui ne peuvent inhiber la croissance du champignon qu'après infection [12,20-21]. Cette inhibition de la germination, et par conséquence de la croissance du champignon, entraîne une réduction de l'apparition de la maladie. Pour d'autres auteurs [10], l'azoxystrobine n'entraîne pas une inhibition totale de la germination des spores, mais plutôt une réduction du développement du tube germinatif permettant aux spores qui échappent à l'action du fongicide d'initier l'infection et d'induire une réaction de défense de la plante. L'azoxystrobine appliquée en traitement curatif offre une moindre protection des feuilles du Riz contre les différents pathogènes testés. L'activité, non négligeable, est due probablement à des propriétés systémiques et translaminaires [4-5,19] qui permettent à la molécule active du fongicide de pénétrer à l'intérieur des tissus de l'hôte pour arrêter et bloquer le développement du champignon et

par conséquent la progression de la maladie. L'efficacité du traitement curatif a été aussi signalée vis-à-vis d'autres espèces fongiques telles que *Plasmopara viticola* [37,39], *Septoria tritici* [39] et *Uncinula necator* [37]. En présence du fongicide, la production des conidies par le champignon diminue d'une façon remarquable et les lésions des feuilles du Riz ne sont plus sporulantes dans la plupart des cas. Cette réduction de l'inoculum secondaire entraîne une diminution du développement de la maladie. De même, chez le Blé, l'azoxystrobine préserve la feuille de la sénescence en inhibant la flore saprophytique [10]. On retiendra que l'azoxystrobine est plus efficace en traitement préventif que curatif et que la dose à appliquer dépend des pathogènes susceptibles d'être rencontrés. L'efficacité du fongicide sera d'autant plus importante que la variété de Riz sera résistante. Un objectif d'avenir sera de combiner [13] le fongicide à des variétés résistantes pour contrôler le développement des phytopathogènes.

Persistance d'action

L'azoxystrobine a entraîné une réduction importante de la sévérité de la maladie et une diminution de l'aptitude des pathogènes à sporuler sur les lésions durant les trois semaines qui suivent le traitement. Elle permet une meilleure protection des feuilles du Riz, à l'encontre de certains fongicides qui peuvent se décomposer sur les feuilles. Ainsi, le bénomyl, qui présente une efficacité importante sur la germination des spores et la croissance mycélienne d'*Ascochyta rabiei* in vitro, et sur les graines infectées par ce pathogène in vivo, a une action faible lorsqu'il est appliqué aux feuilles du Petit pois, ce qui laisse suggérer qu'il pourrait être décomposé par la plante elle-même ou par les conditions environnementales [13]. On peut penser que l'azoxystrobine fixée à la surface des feuilles est absorbée à la faveur de périodes d'humidité (pluie, rosée...). Cette absorption graduelle permet de maintenir une barrière protectrice à la surface des feuilles prévenant des contaminations par les spores. Une fois dans la plante, l'azoxystrobine est très stable, ce qui lui confère une longue persistance d'action [43].

L'azoxystrobine s'avère efficace sur l'ensemble des champignons testés. Grâce à ses propriétés systémiques et translaminaires, elle assure une protection durable des feuilles du Riz contre les attaques fongiques. En cas de lessivage, la matière active accumulée à l'aisselle des feuilles peut être dissoute à nouveau par la pluie ou la rosée et permettre une prolongation de la protection.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Agence de réglementation de la lutte antiparasitaire – Note réglementaire REG2000-15 Azoxystrobine. (2000), 57 p. www.pmraarla.gc.ca/francais/pdf/reg/reg2000-15-f.pdf
- Ammermann (E.), Lorenz (G.), Schelberger (K.), Wenderoth (B.), Sauter (H.), Rentzea (C.) - BAS-490 F: a broad-spectrum fungicide with a new mode of action. - Proc. Brighton Crop Prot. Conf. – Pests Dis., 1992, 1, 403-410.
- Anke (T.), Hecht (H.J.), Schramm (G.), Steglich (W.) – Antibiotics from basidiomycetes. IX. Oudemansin, an antifungal antibiotic from *Oudemansiella mucida* (Schrader ex Fr.) Hoehnel (Agaricales). - J. Antibiot. (Tokyo), 1979, 32(11), 1112-1117.
- Baldwin (B.C.), Clough (J.M.), Godfrey (C.R.A.), Godwin (J.R.), Wiggins (T.E.) - The discovery and mode of action of ICIA 5504. In Lyr (H.), Russell (P.E.), Sisler (H.D.) (Eds), *Modern fungicides and antifungal compounds*. Intercept Ltd, Andover, Hants, UK. , 1996, p 69-77.
- Bartlett (D.W.), Clough (J.M.), Godwin (J.R.), Hall (A.A.), Hamer (M.), Parr-Dobrzanski (B.) - The strobilurin fungicides. - Pest Manag. Sci., 2002, 58(7), 649-662.
- Becker (W.F.), von Jagow (G.), Anke (T.), Steglich (W.) - Oudemansin, strobilurin A, strobilurin B and myxothiazol: new inhibitors of the bc1 segment of the respiratory chain with an E-β methoxyacrylate system as common structural element. - FEBS Lett., 1981, 132(2), 329-333.
- Benkirane (R.), Douira (A.), El Oirdi (M.), Ouazzani Touhami (A.), Bouslim (F.), Karmoussi (M.), Fadli (M.), El Haloui (N.E.) - Study of the fungi flora associated with the rice seed in Morocco. - Fifth Arab Congress of Plant Protection", Fes, Maroc, 27 November – 2 December 1994, p 47.
- Benkirane (R.), Douira (A.), El Oirdi (M.), Ouazzani Touhami (A.), Bouslim (F.), Karmoussi (M.), El Hassani (N.), El Haloui (N.E.) - Relation symptômes-agents pathogènes isolés à partir des plantes maladies du riz. - 2° Congr. AMPP, Rabat, 6-7 décembre 1995, p 24-28.
- Benkirane (R.) - Étude d'une population marocaine de *Magnaporthe grisea* (*Pyricularia oryzae*). Caractérisation, spécificité parasitaire et recherche de sources de résistances chez le riz (*Oryza sativa*,

- L) à la pyriculariose. Thèse Doct. Etat es-Sciences, Univ. Ibn Tofaïl, Fac. Sci. Kénitra, Maroc, 2001, 214 p.
- Bertelsen (J.R.), Neergaard (E. De), Smedegaard-Petersen (V.) - Fungicidal effects of azoxystrobin and epoxiconazole on phyllosphere fungi, senescence and yield of winter wheat. *Plant Pathol.*, 2001, 50(2), 190-205.
 - Bouslim (F.), Ennaffah (B.), Ouazzani Touhami (A.), Douira (A.), El Haloui (N.E.) - Pathogénie comparée de quelques isolats marocains d'*Helminthosporium oryzae* vis-à-vis de certaines variétés de riz (*Oryza sativa*). - *Al Awamia*, 1997, 98, 47-57.
 - Buchenauer (H.), Kemper (K.) - Wirkungsweise von Propiconazol (Desmel) in verschiedenen Pilzen.
 - Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Rijksuniversiteit Gent, 1981, 46, 909-921.
 - Demirci (F.), Bayraktar (H.), Babaliogullu (I.), Dolar (F.S.), Maden (S.) - In vitro and in vivo effects of some fungicides against the chickpea blight pathogen, *Ascochyta rabiei*. - *J. Phytopathol.*, 2003, 151, 519-524.
 - El Oirdi (M.), Douira (A.), Benkirane (R.), Ouazzani Touhami (A.), Mouslim (J.), Bouslim (F.), Karmoussi (M.), E Hassani (N.), El Haloui (N.E.) - Comparaison du caractère pathogène de quelques isolats marocains de *Pyricularia oryzae* vis-à-vis de certaines variétés de riz. - *Rev. Res. Amelio. Prod. Agr. Milieu Aride*, 1995, 7, 231-240.
 - 15 - Ennaffah (B.), Ouazzani Touhami (A.), Douira (A.) - Pathogenic capacity of *Helminthosporium spiciferum*: foliar parasite of rice in Morocco. - *J. Phytopathol.*, 1999, 147(6), 377-379.
 - Ezzahiri (B.), Bouhache (M.), Mihi (M.), Erraki (I.) - Index phytosanitaire Maroc. Ed. Association Marocaine de Protection des Plantes. Impression et Diffusion Dar Al Qalam, 2004, 258 p.
 - Frahm (J.), Hanhart (H.), Klingenhagen (G.), Johnen (A.), Folk (T.) - Strobilurins in cereals: Integration in the decision support system PRO-PLANT. - *Int. Congr. Plant Pathol.*, Edinburgh, Scotland, 9-16 August 1998, 1998, Poster 5.6.2.
 - Gerth (K.), Irschik (H.), Reichenbach (H.), Trowitzsch (W.) - Myxothiazol, an antibiotic from *Myxococcus fulvus* (Myxobacterales). I. Cultivation, isolation, physico-chemical and biological properties. - *J. Antibiot. (Tokyo)*, 1980, 33(12), 1474-1479.
 - Godwin (J.R.), Anthony (V.M.), Clough (J.M.), Godfrey (C.R.A.) - ICIA 5504: a novel broad spectrum, systemic β -methoxyacrylate fungicide. - *Proc. Brighton Crop Prot. Conf. - Pests Dis.*, 1992, 1, 435-442.
 - Godwin (J.R.), Young (J.E.), Hart (C.A.) - ICIA 5504: Effects on development of cereal pathogens. - *Proc. Brighton Crop Prot. Conf. - Pests Dis.*, 1994, 1, 259-264.
 - 21 - Hänssler (G.), Kuck (K.H.) - Microscopic studies on the effect of Folicur on pathogenesis of brown rust of wheat (*Puccinia recondita* f.sp. *tritici*). - *Pflanzenschutz - Nachrichten Bayer*, 1987, 40(2), 153-180.
 - Hassikou (K.) - Contribution à l'étude de *Curvularia lunata*, agent de la curvulariose du riz au Maroc. Application de quelques moyens de lutte chimique et biologique. Thèse Doct. Natl, Fac. Sci., Univ. Ibn Tofaïl, Kénitra, Maroc, 2000, 187 p.
 - Hassikou (K.), Hassikou (R.), Douira (A.) - Behaviour of some rice cultivars in relation to *Curvularia lunata*. - *Phytopath. Med.*, 1997, 73, 445-457.
 - Heaney (S.P.), Knight (S.C.) - ICIA 5504: A novel broad-spectrum systemic fungicide for use on fruit, nut and horticultural crops. - *Proc. Brighton Crop Prot. Conf. - Pests Dis.*, 1994, 2, 509-516.
 - Hill (J.P.), Nelson (R.R.) - Genetic control of two parasitic fitness attributes of *Helminthosporium maydis* race T. - *Phytopathology*, 1983, 73(3), 455-457.
 - Koizumi (S.) - New fungicide use on rice in Japan. - 7th Int. Congr. Plant Pathol., Edinburgh, Scotland, 9-16th August 1998, 1998, Abstract 5.6.3S. <http://www.bspp.org.uk/icpp98/5.6/3S.html>
 - Konradt (M.), Kappes (E.M.), Hiemer (M.), Petersen (H.H.) - Amistar- ein Strobilurin zur Bekämpfung von Getreidekrankheiten. - *Gesunde Pflanzen*, 1996, 48(4), 126-134.30
 - Leinhos (G.M.E.), Gold (R.E.), Düggelin (M.), Guggenheim (R.) - Development and morphology of *Ucinula necator* following treatment with the fungicides kresoxim-methyl and penconazole. - *Mycol. Res.*, 1997, 101(9), 1033-1046.
 - Maâta (F.), Mihi (M.) - Place des strobilurines dans le nouveau concept de la protection des cultures. - 4 e Congr. AMPP (Association Marocaine pour la Protection des Plantes), Rabat, Maroc, 17-18 mai 2000, 2000, p 117-121.

- Margot (P.), Huggenberger (F.), Amrein (J.), Weiss (B.) – CGA 279202: a new broad-spectrum strobilurin fungicide. - Proc. Brighton Crop Prot. Conf. - Pests Dis., 1998, 2, 375-382.
- Masuko (M.), Niikawa (N.), Kataoka (T.), Ichinari (M.), Takenaka (T.), Hayase (Y.), Hayashi (Y.), Takeda (R.) - Novel antifungal alkoxyiminoacetamide derivatives. - Proc. 6th Int. Congr. Plant Pathol. Montréal, Canada, CNRC, 1993, Abstract no 3.7.16.
- Mlaïki (A.), (1970). Pourriture de *Gleosporium* des pommes "Golden delicious" au cours de leurs conservation. - Ann. I.N.R.A.T., 43, 15-27.
- Musilek (V.), Cerna (J.), Sasek (V.), Semerdzieva (M.), Vondracek (M.) - Antifungal antibiotic of the basidiomycete *Oudemansiella mucida*. I. Isolation and cultivation of a producing strain. – Folia Microbiol. (Prague), 1969, 14(4), 377-387.
- Notteghem (J.L.), Anriatampo (G.M.), Chatel (M.), Dechanet (R.) - Techniques utilisées pour la sélection des variétés de riz possédant la résistance horizontale à la pyriculariose. - Ann. Phytopathol., 1980, 12, 199-266.
- Ouazzani Touhami (A.) - Étude des relations entre différents champignons foliaires du riz : virulence, interactions compétitives, contamination et mesures de lutte biologique et chimique. Thèse État ès Sci., Univ. Ibn Tofaïl, Fac. Sci. Kénitra, Maroc, 2001, 183 p.
- Ouazzani Touhami (A.), Ennaffah (B.), El Yachoui (M.), Douira (A.) - Pathogénie comparée de 4 espèces d'*Helminthosporium* obtenues à partir des plantes malades du riz au Maroc. - J. Phytopathol., 2000, 148(4), 221-226.
- Reuveni (M.) - Activity of trifloxystrobin against powdery mildew and downy mildew diseases of grapevines. - Can. J. Plant Pathol., 2000, 23(1), 52-59.
- Shirane (N.), Masuko (M.), Takeda (R.) - Effects of SSF-126, a novel alkoxyiminoacetamide blasticide, on mycelial growth and oxygen consumption of *Pyricularia oryzae*. - Plant Pathol., 1995, 44, 636-640.
- Stierl (R.), Merk (M.), Schrof (W.), Butterfield (E.J.) - Activity of the new BASF strobilurin fungicide, BAS 500F, against *Septoria tritici* on wheat. - Proc. Brighton Crop Prot. Conf. - Pests Dis., 2000, 3, 859-864.
- Syngenta Agro SAS - Fiche de produit Ortiva. 2003. www.syngentaagro.fr
- Tajani (M.) - Étude de quelques contraintes de la riziculture marocaine ; cas de la pyriculariose due à *Magnaporthe grisea* : Impact et moyen de lutte. Thèse Doct. Etat es-Sci. Fac. Sci., Univ. Ibn Tofaïl, Kénitra, Maroc, 2000, 131 p.
- Von Jagow (G.), Link (T.A.) - Use of specific inhibitors on the mitochondrial bc1 complex. - Methods Enzymol., 1986, 126, 253-271.
- Zeneca [devenu Syngenta] - Fiche de produit Ortiva.. Zeneca Sopra, France. 1999.
- Zeneca [devenu Syngenta] - Amistar. L'événement fongicide en céréales. 2000. www.agris.be/zeneca/welcome.htm
- Zheng (D.), Olaya (G.), Koller (W.) - Characterization of laboratory mutants of *Venturia inaequalis* resistant to the strobilurin-related fungicide kresoxim-methyl. - Current Genet., 2000, 38(3), 148-155.

Essai *in vitro* de l'effet antifongique synergique des huiles extraites des graines de *Citrullus colocynthis* L., *Linum usitatissimum* L. et de *Nigella sativa* L. sur *Aspergillus ochraceus* toxigène

^{1,2}A. Amrouche, ²H. Benmehdi, ³K. Fellah, ³H. Dalile, ¹A. Moussaoui, ²D. Chabane Sari

¹Laboratoire de la Valorisation des ressources végétales et sécurité alimentaire des zones semi arides du sud-ouest Algérien (VRVSA). Université de Bechar.08000 Algérie

²Laboratoire des produits naturels (LAPRONA) Université de Tlemcen,08000 Algérie

³Département des Technologies. Université de Bechar.08000 Algérie

RESUME

La présente étude a pour objectif d'évaluer *in vitro* l'effet synergique antifongique de trois huiles végétales isolées respectivement à partir des graines de trois plantes médicinales de la région du sud-ouest d'Algérie: *Nigella sativa* L., *Citrullus colocynthis* L. et *Linum usitatissimum* L. sur la souche fongique toxigène *Aspergillus ochraceus* CECT 2092. L'activité antifongique a été évaluée selon la méthode de croissance radiale sur un milieu solide Potatoes Dextrose Agar (PDA acidifié) pour chaque huile séparément et pour différentes combinaisons d'huiles. Nos résultats ont montré que l'huile de *Linum usitatissimum* L. possède le pourcentage d'inhibition le plus élevé (52,04%) à une dilution de 1/3000 en comparaison à l'huile de *Nigella sativa* L. (23,97%) à une dilution de 1/5000 et l'huile de *Citrullus colocynthis* L. (7,9%) à une dilution de 1/250. En outre, les valeurs de l'effet synergique se sont avérées 13,05%; 20,38% et 31,47% pour les combinaisons d'huiles testées [(*C. colocynthis* / *L. usitatissimum*); (*C. colocynthis* / *N. sativa*) et pour les trois huiles] à des dilutions de 1/2000; 1/250, 1/5000, respectivement. Enfin, nous pouvons dire que ces huiles étudiées peuvent contribuer à la protection de la santé publique contre la contamination fongique et de réduire les pertes économiques.

Mots clés: activité antifongique-synergique, *Aspergillus ochraceus*, *Citrullus colocynthis* L., huiles végétales, *Linum usitatissimum* L., *Nigella sativa* L.

SUMMARY

In vitro synergistic antifungal effect of oils extracted from the seeds of *Citrullus colocynthis* L., *Linum usitatissimum* L. and *Nigella sativa* L. on toxigenic *Aspergillus ochraceus*. The present study was aimed at evaluating *in vitro* the antifungal synergistic effect of three vegetable oils isolated respectively from medicinal plants belonging in south-west of Algeria: *Nigella sativa* L., *Citrullus colocynthis* L. and *Linum usitatissimum* L. against a toxigenic fungal strain *Aspergillus ochraceus* CECT 2092. The antifungal activity was evaluated using the growth radial method on solid medium Potatoes Dextrose Agar (PDAA) for each oil separately and for different combinations of oils. Our findings showed that *Linum usitatissimum* L. oil possess the highest inhibition percentage (52.04%) at dilution of 1/3000 compared to *Nigella sativa* L. oil (23.97%) at dilution of 1/5000 and *Citrullus colocynthis* L. oil (7.9%) at dilution of 1/250. Further, the values of the synergistic effect were found to be 13.05%; 20.38% and 31.47% for the tested oils combinations [(*C. colocynthis* / *L. usitatissimum*); (*C. colocynthis* / *N. sativa*) and for the three oils] at the dilutions of 1/2000; 1/250; 1/5000, respectively. Finally, we can say that the oils under study may contribute to the protection of the public health against fungal contamination and reduce economic losses.

Keywords: synergistic antifungal activity, *Aspergillus ochraceus*, *Citrullus colocynthis* L., vegetable oils, *Linum usitatissimum* L., *Nigella sativa* L.

1. INTRODUCTION

Des contaminants d'origine naturelle ou industrielle sont susceptibles d'être retrouvés dans l'alimentation destinée à des populations humaines et animales. L'existence de ces contaminations a de multiples conséquences qui peuvent affecter l'homme et l'animal allant d'intoxications légères, en passant par des manifestations physiopathologiques.

La contamination des denrées alimentaires d'origine végétale et parfois animale par des champignons toxigènes et la production des toxines ont lieu dans des conditions environnementales précises

(Constance, 2009), la présence de ces moisissures peut altérer et conduire à l'accumulation de métabolites secondaires toxiques : les mycotoxines (Tabuc, 2007).

La problématique des mycotoxines est non seulement mystérieuse mais aussi universelle du fait de ses répercussions sur la santé publique, l'agriculture et les sciences économiques (Nguyen, 2007). Notons qu'il est difficile, parfois même impossible d'éliminer ces mycotoxines. La prévention constitue sans aucun doute la meilleure façon de réduire la contamination des produits d'alimentation humaine et animale par les champignons et leurs toxines (Pineiro et al., 2005).

La recherche de nouvelles substances antimicrobiennes purement naturelles est la préoccupation capitale de la plupart des scientifiques et des chercheurs (Benzeggouta, 2005).

Une large gamme des plantes y compris leurs huiles ont été testées afin de les valoriser et substituer certains moyens de lutte contre les xénobiotiques d'origine fongique qui constitue à l'heure actuelle un véritable problème de sécurité sanitaire. En effet, différentes études ont été réalisées pour connaître l'implication des différents extraits et des huiles des plantes dans la réduction de la flore fongique productrice des toxines.

Ce travail s'inscrit dans le cadre d'une contribution à l'étude de l'effet synergique de quelques huiles des graines (*Citrullus colocynthis* L., *Nigella sativa* L. et *Linum usitatissimum* L.) en vue de réduire la flore fongique toxigène.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Prélèvement du matériel végétal

La collecte des fruits de *Citrullus colocynthis* L. a été effectuée durant le mois de décembre 2012 au niveau de la région de Béni abbes (Béchar - Algérie). Les fruits en phase de maturation et senescence totale ont été récoltés et acheminés au laboratoire.

Les graines de *Nigella sativa* L. et *Linum usitatissimum* L. ont été achetées au niveau d'un marché local de la wilaya de Béchar. Les graines sont séchées à la température ambiante et à l'abri de la lumière puis broyées, et conservées dans des récipients hermétiquement fermés en vue de leur utilisation.

2.2. Extraction des huiles

Dans un montage de Soxhlet sont introduits 15g des graines broyées, en présence de 180 ml d'éther de pétrole, le système est porté à reflux pendant 6 heures. Après évaporation du solvant un extrait huileux est obtenu.

2.3. Confirmation de la souche fongique testée

Les extraits des huiles des graines de *Nigella sativa* L., *Citrullus colocynthis* L. et *Linum usitatissimum* L. ont été analysés pour évaluer l'activité antifongique contre la souche fongique *A. ochraceus* CECT 2092 qui a été fournie par le laboratoire de la valorisation des ressources végétales et sécurité sanitaire des aliments des zones semi-arides université de Béchar.

Ces cultures pures sont ensemencées sur des tubes inclinés de PDA et incubés à $25 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 3 à 5 jours puis conservés à 4°C .

2.4. Evaluation de l'activité antifongique des huiles

L'activité antifongique des huiles a été testée par la méthode de contact direct décrite par Remmal et al. (1993) et Satrani et al. (2001). En effet, du fait de la non miscibilité des huiles à l'eau et donc au milieu de culture, la mise en émulsion a été réalisée grâce à une solution d'agar à 0,2 % afin de favoriser le contact germe/composé. Des dilutions sont préparées du 1/10 jusqu'au 1/500 dans cette solution d'agar. Des tubes à essais contenant chacun 13,5 ml de PDA acidifié, stérilisés autoclavés (20 min à 121°C) et refroidis à 45°C , auquel on ajoute 1,5 ml de chacune des dilutions de façon à obtenir les concentrations finales de 1/100, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000, 1/3000 et 1/5000 (v/v). Les tubes sont convenablement vortexés après quoi leur contenu est ensuite versé dans des boîtes de Pétri. Ces boîtes sont ensemencées par un inoculum standardisé à $(10^6\text{-}10^8 \text{ spores/ml})$ d'*Aspergillus ochraceus* préalablement préparé.

L'effet antifongique synergique des huiles a été réalisé en combinant les différentes fractions lipidiques sous différentes formules soit deux à deux ou à trois en prélevant v/v ou v/v/v. Ces volumes sont ajoutés au milieu de culture PDA acidifié afin d'obtenir les mêmes concentrations sus citées. Les différentes cultures préparées sont incubées à $25^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 3 à 10 jours.

Le calcul de l'indice antifongique est déterminé par la formule :

$$\text{Indice antifongique} = (1 - Da / Db) \times 100 \text{ (Wang et al, 2005)}$$

Avec :

Da : le diamètre de la zone de croissance de l'essai

Db : le diamètre de la zone de croissance du témoin.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

La recherche de nouvelles substances antimicrobiennes purement naturelles est la préoccupation capitale de la plupart des scientifiques et des chercheurs (Benzeggouta, 2005). Les propriétés des plantes dépendent de la présence des agents bioactifs variés et appartenant à différentes classes chimiques notamment les fractions huileuses qui peuvent être mises à profit pour réduire la flore fongique contaminante (Ouraini et al., 2005).

Le présent travail a pour objectif l'évaluation de l'activité antifongique des huiles extraites des graines *N. sativa* L., *C. colocynthis* L. et *L. usitatissimum* L. sur une souche toxigène d'*Aspergillus ochraceus*. L'investigation de cet aspect a été réalisée séparément pour chaque huile, et par effet synergique. Cette évaluation a été réalisée sur milieu solide Potatoes Dextrose Agar (PDAA), en prélevant les diamètres de la croissance radiale.

Sur le plan de leur caractérisation physicochimique, les huiles retenues par cette étude ont présenté une rentabilité d'extraction variable (39,96%, 33,71% et 18%) respectivement pour l'huile des graines de *L. usitatissimum* L., l'huile de *N. sativa* L. et de *C. colocynthis* L. Ces rendements moyens en huiles sont proches voir similaires à ceux rapportées par nombreuses études. En effet, (Kökçil et al. 2005) avaient trouvés des rendements similaires pour 10 espèces de graines de *N. sativa* L. d'origine Turquie. Ce groupe de travail a effectivement constaté une variabilité dans les rendements d'extraction qui se sont échelonnés dans l'intervalle [17,6%-41,3%] cette différence a été allouée à la nature des graines. Par contre des graines de *N. sativa* L. d'origine indienne ont fournies des rendements de 22,68 % à (50°C) et 15,12% à (100°C) cette variation des rendements est probablement due aux paramètres physiques d'extraction (Deli et al., 2011). Gali-Muhtasib, 2006, Abbas Ali et al. (2012) et Al-Khalaf et al. (2013), ont montré que le rendement d'extraction était supérieur à 30%. Toutefois, cette différence peut être due aux périodes de prélèvement, stade de maturation, aux conditions environnementales géographiques, et la variété de cette plante. Il faut signaler que (Khalawi et al., 2013) ont trouvé un rendement de

9%. Les rendements de l'huile de *C. colocynthis* L. ont été semblables à ceux d'un nombre de chercheurs (Sebagh et al., 2009; Amamou et al., 2011; Kulkarni et al., 2012 et Rahman et al., 2013) qui ont rapporté des rendements compris entre (16.5% -23%). Par ailleurs, une étude sur des graines d'origine indienne avait rapporté un rendement très faible 7% (Jayaraman et al., 2009).

L'analyse des résultats de l'activité antifongique de l'huile de *L. usitatissimum* L. montre que celle-ci a eu l'effet inhibiteur le plus élevé à la concentration [1/3000] IAF = 52.04% sur *A. ochraceus*. Ce résultat corrobore avec les travaux de Ying ying et al. (2008), qui ont démontré que la poudre des graines de Lin à 6% a totalement inhibé *Aspergillus flavus*, cet effet inhibiteur peut être alloué à la richesse de ces huiles en acide α -linoléique (C18 :2). Une étude ultérieure a révélé que la croissance de *Staphylococcus aureus* a été inhibée par l'extrait d'acétate d'éthyle 56% lorsqu'il est testé par la méthode de diffusion sur disque. De même, l'extrait d'acétate d'éthyle et le butanol ont réduit la croissance de *Bacillus cereus* avec 44% et 64% respectivement. En plus *Erwinia carotovora* a été inhibée de 42% par l'extrait de l'acétate d'éthyle et 65% par l'extrait de butanol (Bakht et al., 2011).

L'évaluation de l'effet antifongique de l'huile de *C. colocynthis* L. testé sur *A. ochraceus* révèle que cette huile a exercé un ralentissement de la croissance mycélienne à la concentration [1/250] avec un IAF = 23.97%. Dans le même ordre d'idée, des travaux portant sur l'effet antimicrobien des différentes parties de la *C. colocynthis* réalisés par Gacem et al, (2013) ont montré que les extraits méthanolique et aqueux de *C. colocynthis* ont inhibé la croissance du mycélium de la quasi-totalité des souches de *Aspergillus*, les résultats ont dévoilé que l'extrait méthanolique a un effet antifongique plus que l'extrait aqueux avec la concentration minimale fongicide (CMF) de 15 mg / ml contre *A. ochraceus*, 17,5 mg / ml contre *A. Niger* et 25 mg / ml contre *A. fumigatus*. Par ailleurs Marzouk et al (2011) ont démontré l'efficacité de l'extrait aqueux et organique des fruits et des graines immatures sur les bactéries gram-négatif (*Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella typhimurium*,

Vibrio parahaemolyticus et *Vibrio alginolyticus*) et gram-positif (*Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *Staphylococcus epidermidis*, *Listeria monocytogenes* et *Micrococcus luteus*) et divers *Candida* spp. (*Candida glabrata*, *Candida albicans*, *Candida parapsilosis* et *Candida kreusei*). En plus Marzouk et al. (2009) ont constaté que les extraits des fruits de cette même plante ont présenté un large spectre antifongique. Ces résultats appuient l'idée que les huiles et extraits végétaux peuvent être une source de substances antibactériennes pour un éventuel traitement de nombreuses maladies, y compris les infections bactériennes et fongiques (Doss et al., 2011).

L'huile de *Nigella sativa* a exercé aussi un effet inhibiteur sur *A. ochraceus* et ce à la concentration [1/5000] avec IAF = 7.9%. Dans ce même contexte, plusieurs travaux ont signalé l'activité antimicrobienne remarquable contre *Staphylococcus Aureus*, *Proteus vulgaris*, *Escherichia coli* et *Candida albicans* (Haloci et al., 2012). Notons qu'une récente étude a montré une excellente activité contre les souches à Gram positif étudiés par rapport à Gram négatif (*Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Klebsiella pneumoniae*) (Bessedik et al., 2013; Aishah Hasan, 2013).

Plusieurs travaux récents confirment la présence d'interactions et une amplification de l'action biologique des différents extraits de plantes, ces actions peuvent exister entre les composants du même extrait. Il est connu que les plantes contiennent une grande diversité des substances bioactives présentant des interactions synergiques (Mulyaningsih, 2010).

Pour ce qui est de l'effet antifongique synergique des trois huiles testées, l'analyse des résultats révèle que nos huiles ont exercé un effet synergique efficace entre eux sur la souche testée.

Il faut signaler que l'association entre l'huile *Citrullus colocynthis* L. et l'huile de *L. usitatissimum* L. exerce un effet inhibiteur sur *A. ochraceus* à la concentration [1/2000] avec IAF = 13.05%, pour la combinaison l'huile de *C. colocynthis* L. et l'huile de *N. sativa* L. à la concentration [1/250] avec IAF= 20.38%, et pour trois huiles à la concentration [1/5000] avec IAF= 31.37%. Dans ce même contexte, plusieurs travaux ont signalé l'activité antimicrobienne remarquable sur *Staphylococcus aureus* due à l'effet synergique de l'huile essentielle de *Decumbens oliveria* et la vancomycine (Mahboubi et al., 2007). D'autres travaux ont rapporté l'effet inhibiteur entre l'huile essentielle de la cannelle et le benzoate de sodium ou le sorbate de potassium (Ceylan et al., 2004) et entre l'huile essentielle de *Origanum vulgare* L. et l'acide citrique contre *Staphylococcus aureus* (Souza et al., 2009).

Suite aux résultats parvenue par cette étude, on pourrait conclure que l'activité antifongique de nos huiles répond à cette problématique, notons que l'essai de l'effet synergique entre les huiles augmente approximativement l'efficacité des huiles testées. Exception faite pour l'effet antifongique de l'huile de *N. sativa* L. qui n'a pas exercé une action sur *A. ochraceus* utilisée seule ou en combinaison avec l'huile de *L. usitatissimum* L.

Enfin nous pouvons dire que l'effet antifongique de ces huiles est sous la dépendance de plusieurs facteurs, à savoir l'instabilité des constituants actifs des huiles infusées, leur propriété hydrophobe, l'interaction entre le milieu de culture et les composants des huiles (Benzeggouta, 2005).

4. CONCLUSION

À la lumière des résultats obtenus, nous pouvons dire que les huiles fixes des graines *Nigella sativa* L., *Citrullus colocynthis* L. et *Linum usitatissimum* L. sont des antifongiques naturels très efficaces et peuvent être une source très importante de constituants phytopharmaceutiques utilisés pour éradiquer les infections d'origine fongique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbas A M, Abu Sayeed M, Shahinur A, Sarmina Y, Mohal K and Ida I M. (2012). Characteristics of oils and nutrient contents of *Negella sativa* linn and *Trigonella foenumgraecum* seeds. Bull. Chem. Soc. Ethiop., 26(1), 55-64.
- Aishah N H, Zaini M N, Haslinda M. (2013). Antimicrobial Activity of *Nigella sativa* Seed Extract. Sains Malaysiana 42(2) (2013): 143-147.
- Al-Khalaf M.I, Kholoud S. Ramadan. (2013). Antimicrobial and Anticancer Activity of *Nigella sativa* oil –A Review. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 7(7): 505-514.
- Amamou F, Bouafia M, Chabane-Sari D, Meziane R K, Nani A. (2011). *Citrullus colocynthis*: A desert plant native in Algeria, effects of fixed oil on blood homeostasis in Wistar rat. J. Nat. Prod. Plant Resour., 1 (3): 1-7.

- Bakht J, Ali H, Ali Khan M, Khan A, Saeed M, Shafi M, Islam A, Tayyab M. (2011). Antimicrobial activities of different solvents extracted samples of *Linum usitatissimum* by disc diffusion method. African Journal of Biotechnology 10(85), pp. 19825-19835.
- Benzeggouta N. (2005). Etude de l'Activité Antibactérienne des Huiles Infusées de Quatre Plantes Médicinales Connues Comme Aliments. Thèse de magistère. Université de Costantine. Algerie .P 134.
- Bessedik A, Allem R. (2013). Molecular composition and antibacterial effect of essential oil of *Nigella sativa*. African Journal of Biotechnology. Vol. 12(20), pp. 3006-3012.
- Ceylan E, Fung D Y C, Sabah J R. (2004). Antimicrobial activity and synergistic effect of cinnamon with sodium benzoate or potassium sorbate in controlling *Escherichia coli* O157:H7 in apple juice. J. Food Sci. 69: pp.102-106.
- Constance V. (2009). Les mycotoxines: actualité, aspects épidémiologiques, prévention et gestion des risques. P-182.
- Deli S, Masturah F, Aris T, Wan N W. (2011). The Effects of physical parameters of the screw press oil expeller on oil yield from *Nigella sativa* L. seeds. International Food Research Journal 18(4): 1367-1373.
- Doss A, Vijayasanthi M, Anand SP, Parivuguna P, Venkataswamy R. (2011). Screening of Antimicrobial activity of essential oil and methanol extracts of *Citrullus colocynthis* (L.) Schrad. South As. J. Biol. Sci. 1(1): 7- 15.
- Gacem M A, Ould elhadj K, Aminata, GACEMI B. Evaluation of antifungal effect of organic extracts of Algerian *Citrullus colocynthis* seeds against four strains of *Aspergillus* isolate from wheat stored. Journal of Medicinal Plants Research Vol. 7(12), pp. 727-733.
- Gali-Muhtasib H., El-Najjar N, Schneider-Stock R, (2006). The medicinal potential of black seed (*Nigella sativa*) and its components. Adv. Phytomed. 2, 133–153.
- Haloci E, Manfredini S, Toska V, Vertuani S, Ziosi P, Topi I, Kolani H. (2012). Antibacterial and Antifungal Activity Assesment of *Nigella Sativa* Essential Oils. World Academy of Science, Engineering and Technology 66.
- Jayaraman, R, Shivakumar A, Anitha,T, Vishal, D, Narahari, J, Palei N. (2009). Antidiabetic effect of petroleum ether extract of *Citrullus colocynthis* fruits against streptozotocin-induced hyperglycemic rats rom. J. Biol. Plant biol., Volume 54, N 2, P. 127–134, Bucharest.
- Khalawi AA, Al-Robai AA, Khoja SM, Ali SS. (2013). Can *Nigella Sativa* Oil (NSO) Reverse Hypothyroid Status Induced by PTU in Rat. Biochemical and Histological Studies. Life Science Journal ; 10(2).
- Kökdil, G, L. Tamer, B. Ercan, A. Icim, N. Aras and U. Atik. (2005). Effects of *Nigella unguicularis* fixed oil on blood biochemistry and oxidant/antioxidant balance in rats. J. Ethnopharmacol., 99(1): 13 1-35.
- Kulkarni S, Khotpal R R, Karadbhajane V Y, More V I. (2012). Physico-chemical Composition and lipid classes of Aegle marmelos (Bael) and *Citrullus colocynthis* (Tumba) Seed Oils. Journal of Chemical and Pharmaceutical Research, 4(3):1486-1488.
- Mahboubi M, Mohammadi-Yeganeh S, Bokae S, Dehdashti H, Mehdi Feizabadi H. (2007). Antimicrobial activity of essential oil from *Oliveria decumbens* and its synergy. with vancomycin against *Staphylococcus aureus*. Vol. 53 No 4 .pp72 73.
- Marzouk B, Marzouk Z, Décor R. (2009). Antibacterial and anticandidal screening of Tunisian *Citrullus colocynthis* schard from Medenine. Tunisia. Journal of Ethnopharmacology 125 (2009) 344 349.Elsevier.
- Marzouk B, Marzouk Z, Mastouri M, Fenina N, Aouni M. (2011). Comparative evaluation of the antimicrobial activity of *Citrullus colocynthis* immature fruit and seed organic extracts. African Journal of Biotechnology Vol. 10(10), pp. 2130-2134.
- Mulyaningsih S .(2010). Plant-derived antimicrobial agents and their synergistic interaction against drug-sensitive and -resistant pathogens.Allmangne.P-37.
- Nguyen Minh Tri. M. (2007). Identification des espèces de moisissures potentiellement productrices de mycotoxines dans le riz commercialisé dans cinq provinces de la région centrale du Vietnam- étude des conditions pouvant réduire la production des mycotoxines. Thèse de doctorat. L'institut national polytechnique de Toulouse. P 147.

- Ouraini D, Agoumi A, Ismaili Alaoui M, Alaoui K. (2005). Étude de l'activité des huiles essentielles de plantes aromatiques à propriétés antifongique sur les différentes étapes du développement des dermatophytes. phytothérapie. N°4. p.147-157.
- Pineiro M, Nagler M, Coker R, Nicolaidis L, Wareing P, Myhar R. (2005). Manuel sur l'application du système de l'analyse des risques, points critiques pour leurs maîtrises (HACCP) pour la prévention et le contrôle des mycotoxines. Étude FAO Alimentation et nutrition N° 73. ISSN 10142508. pp : 92.
- Rahmani Habibur, manjula K, Anoosha T, nagaveni K, M chinna eswaraih, dipankar Bardalai. (2013). In vitro antioxidant activity of Citrillus Lanatus seed extracts. Asian J Pharm Clin Res, Vol 6, Issue 3, 2013, 152-157.
- Remmal A. et al, (1993). Improved method for determination of antimicrobial activity of essential oils in agar medium. J. Essent. Oil Res., 5(2), 179-184.
- Satrani B et al, (2001). Composition chimique et activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Satureja calamintha* et *Satureja alpina* du Maroc. Ann. Falsif. Expert. Chim. Toxicol., 94(956), 241-250.
- Sebbagh N, Cruciani-Guglielmacci C, Ouali F, Berthault M.F, Rouch C, Chabane Sari D, Magnan C. (2009). Comparative effects of *Citrullus colocynthis*, sunflower and olive oil-enriched diet in streptozotocin-induced diabetes in rats. Diabetes et Metabolism; 35: 178-184.
- Souza E L, Barros C J, Conceição M L, Neto N J G. and Costa A C V, (2009). Combined application of *Origanum vulgare* L. essential oil and acetic acid for controlling the growth.
- Tabuc C. (2007). Flore fongique de différents substrats et conditions optimales de production des mycotoxines. Thèse de doctorat. Inédite, institut national polytechnique, université de Bucarest. Toulouse.
- Wang S Y, chen P F, chang S T. (2005). Antifungal activities of essential oils and thies constituent from indigenous cinnamon (*Cinnamomum osmophleoum*) leaves against wood decay fungi. Bioresource technology.96, pp. 813-818.
- Yingying X, Clifford H, Charlene WH, Frank M. (2008). Fungistatic activity of flaxseed in potato dextrose agar and a fresh noodle. system. Int J Food Microbiol ; 121: 262-267.

Test *in-vitro* de la résistance de la pomme de terre à l'égard du mildiou *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary

*S. Belkhiter, Z. Bouznad

Laboratoire de Phytopathologie et Biologie Moléculaire, Département de Botanique, Ecole Nationale Supérieure Agronomique (ENSA) – 16200 El Harrach – Alger

Email : si.sihem@hotmail.fr .

RESUME

Le mildiou provoqué par *Phytophthora infestans* est une maladie redoutable vis-à-vis des Solanacées sauvages et cultivées (pomme de terre et tomate) où de grandes pertes sont annuellement observées dans beaucoup de pays du monde et notamment en Algérie. Parmi les moyens de lutte, la résistance variétale qui présente des avantages économiques et environnementaux en réduisant les intrants. Nos travaux visent à confirmer la résistance de la variété Sarpò Mira, qui a prouvé en Europe sa résistance à cette maladie en comparaison avec d'autres variétés cultivées en Algérie telles les variétés Désirée et Spunta, Nos essais ont porté sur l'évaluation *in-vitro* de la résistance, en considérant plusieurs paramètres au niveau des feuilles et des tubercules ; les isolats de *P. infestans* utilisés appartiennent à différents types sexuels (A1 et A2) proviennent de l'ouest et du centre du pays.

Mots clés : Mildiou, Pomme de terre, *Phytophthora infestans*, Résistance.

1. INTRODUCTION

Phytophthora infestans s'est adapté à toutes les mesures phytosanitaires prises depuis 150 ans et demeure toujours aussi répandu et nuisible à l'échelle mondiale (Platt, 2008). En Algérie, le mildiou est aussi une des principales contraintes biotiques à la production de la pomme de terre et de la tomate où de grandes pertes ont été observées en 2007 à l'échelle nationale (Beninal et al., 2008). Bien qu'il soit difficile de prouver directement, la preuve que de nouvelles souches sont plus agressives, plusieurs indications, expériences de terrain, et des épidémies ont démontré que l'agressivité de *P. infestans* a augmenté durant les 20 dernières années (Cooke et al., 2011). Pour contrôler cette maladie des mesures prophylactiques, chimiques et des recherches dans l'amélioration génétique ont été effectuées afin d'éliminer ou limiter les dégâts. La résistance variétale facilite la maîtrise du mildiou et présente des avantages économiques et environnementaux de part la réduction des intrants (Stannard et Haccart, 2001). Dans notre expérimentation, nous voulons tester la résistance de la variété Sarpò Mira dans des conditions contrôlées en confrontation avec des isolats algériens.

2. MATERIELS ET METHODES

Inoculation artificielle sur feuilles détachées

Quatre variétés de pomme de terre ont été choisies pour ce test : Désirée, Spunta, Sarpò Mira et la variété Bintje qui est utilisée souvent comme témoin sensible pour comparer le niveau de résistance des variétés. Des folioles détachées âgées de neuf semaines sont inoculées avec une suspension de sporanges des isolats représentés dans le (Tableau.1) sur chaque foliole une goutte de 20 µl contenant une concentration égale à 5×10^4 sporanges /ml est déposée, les folioles sont incubées à 20°C en chambre climatisée. La taille des nécroses est évaluée à partir du 4^{ème}, 5^{ème} et 6^{ème} jour après inoculation, la surface de la lésion est mesurée selon la formule suivante : ($A = 1/4 \times \pi \times \text{longueur} \times \text{largeur}$). La surface A est calculée et divisée en trois groupes : $A=0$: pas de symptôme. $A \leq 16 \text{ mm}^2$: lésion non active. $A \geq 16 \text{ mm}^2$: lésion en croissance. Nous avons aussi évalué l'intensité de sporulation après 7 jours d'incubation.

Tableau 1.Présentation des différents isolats utilisés.

Code de l'isolat	Date d'isolement	Lieu d'isolement	Cultivar	Type sexuel	Sensibilité au Métalaxyl	Profil pathologique
V6	2011	ENSA	Bintje arrière saison	A2	Non Déterminé	Non Déterminé
Z18	2007	Tiaret	Atlas	A2	Résistante	(11 gènes)
Rp	2011	ENSA	Spunta arrière saison	A1	Non Déterminé	Non Déterminé
P Ina	2011	ENSA	Timote	A1	Non Déterminé	Non Déterminé
Sar	2011	ENSA	Sarpo Mira	A2	Non Déterminé	Non Déterminé

Inoculation artificielle sur tubercules

Des tubercules intacts de taille similaire des mêmes variétés de pomme de terre sont choisis. Après nettoyage des tubercules, un puit de 5 mm de profondeur est effectué au centre de la surface de chaque tubercule à l'aide d'un emporte pièce, au fond duquel une gouttelette de 10 µl contenant une concentration égale à 5×10^4 zoospores /ml est versée dans le trou. Les tubercules sont placés dans des bacs bien fermés, tapissés préalablement avec du papier buvard bien humidifié et ensuite incubés à une humidité relative à 100% dans l'obscurité à 16° C, la maladie est évaluée après 5 à 14 jours d'inoculation. Les résultats sont évalués à l'aide de l'échelle de Björ (1987) (Tableau.2). Nous avons aussi précédé au calcul de la RAUDPC (Relative Area Under the Disease Progress Curve), qui est utilisée à l'origine pour prédire la perte de rendement due au mildiou (James *et al.*, 1972). Elle est calculée par la formule standardisée : $RAUDPC = \sum_{i=1}^n \left[\frac{(Y_i + Y_{i+1})}{2} \right] (X_{i+1} - X_i)$, Y_i : pourcentage de surface nécrosée du jour avant, Y_{i+1} : pourcentage de surface nécrosée du jour après. $(X_{i+1} - X_i)$: temps séparant deux observations consécutives, n : nombre d'observations. Le traitement des résultats obtenues est effectué à l'aide d'un logiciel Statistica version 10.

Tableau 2. Echelle d'évaluation de l'agressivité du pathogène sur tubercule.

Note	0	1	2	3	4	5
% de surface infectée	< 0	<5	5-10	10-25	25-50	>50

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Evaluation in vitro du comportement des variétés de pomme de terre à l'égard des isolats de *P. infestans* sur feuilles détachées

Evaluation de la taille des nécroses

Les observations et le calcul des moyennes de la taille des lésions ont révélé des résultats très hautement significatifs entre les variétés ($P \leq 0,001$), les plus grandes nécroses ont été enregistrées chez la variété Désirée pour tous les isolats testés ; ce qui prouve que le niveau de résistance de cette variété est très faible au niveau du feuillage, mêmes résultats obtenus par Andrivon *et al.*, (2007), qui ont montré que les isolats marocains de *Phytophthora infestans* étaient plus agressifs sur la variété locale Désirée que sur la variété Bintje traditionnellement cultivée en France . Et inversement les isolats français se sont montrés plus agressifs sur la Bintje que sur la Désirée, l'explication est l'érosion de la résistance partielle de cette variété à cause de l'adaptation des isolats à cette variété cultivée localement et à grande échelle, un comportement comparable pour la variété Désirée en Algérie. Par rapport à toutes ces variétés, Sarpo Mira a développé des lésions de taille limitée, résultat similaire à celui obtenu par Galfout en 2009 en Algérie et en Europe par Lees *et al.*, (2008) et White et Shaw (2008) et (2010). Alors que dans certains cas, cette variété n'a montré aucun symptôme d'attaque notamment avec l'isolat V6 (Figure 1). D'après Rietman *et al.*, (2012), la base génétique de la Sarpo Mira est très complexe , elle est constituée au moins de cinq gènes R (gènes de résistances) qui confèrent à cette variété de la résistance quantitative et qualitative à l'égard du mildiou .

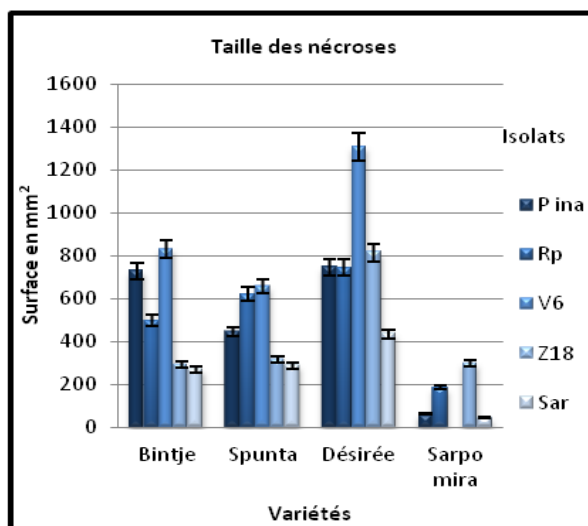


Figure 1. Taille des nécroses sur folioles selon les variétés et les isolats

Evaluation de l'intensité de sporulation

L'analyse de la variance a révélé des résultats très hautement significatifs ($P \leq 0,001$) concernant ce paramètre. La variété Spunta a enregistré le taux de sporulation le plus important avec tous les isolats testés (Figure 2). nos résultats sont différents à ceux de Galfout (2009) et Moulay (2010), qui ont enregistré le taux de sporulation le plus important chez la variété Bintje. Alors que dans notre cas les deux variété Bintje et Désirée ont enregistré une intensité intermédiaire de sporulation. Cependant, Sarpo Mira a montré une intensité de sporulation très faible ou parfois nulle, sauf avec l'isolat Rp qui s'est montré agressif sur cette variété en enregistrant un taux assez important de sporulation égale à $8,75 \times 10^4$ sporanges /ml un taux comparable à celui enregistré avec la variété Désirée, cela montre que le comportement des isolats à l'égard des variétés n'est pas le même. White et Shaw (2010), craignent que si la variété Sarpo Mira est cultivée à grande échelle, elle pourrait sélectionner certains génotypes virulents qui pourraient facilement l'attaquer.

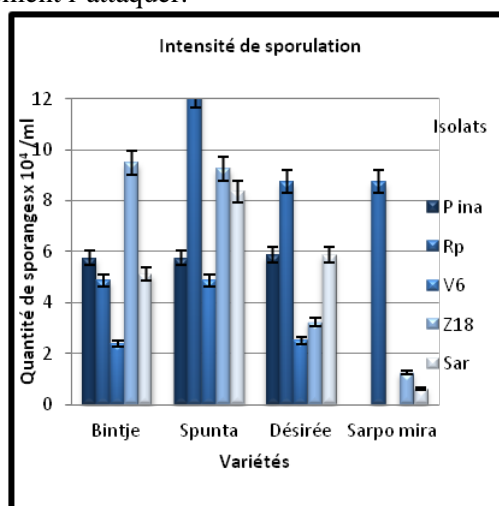


Figure 2. Intensité de sporulation sur folioles selon les variétés et les isolats

Evaluation in vitro sur tubercules du comportement des variétés de pomme de terre à l'égard des isolats de *P. infestans*

Evaluation du pourcentage de surface nécrosée et de la valeur RAUDPC (Relative Area Under the Disease Progress Curve) de la progression de la maladie sur tubercules

Les calculs statistiques ont montré des résultats très hautement significatifs ($P \leq 0,001$) entre les variétés concernant ces deux paramètres. La variété Spunta a enregistré le taux d'attaque sur tubercules le plus important (Figure 3), même résultat, obtenu au Maroc par Hammi (2003). Par contre les deux variété Sarpo Mira et Désirée se sont montrées résistantes à moyennement résistantes au

niveau des tubercules, cela contredit les résultats rapportés par la base de données européennes (The european Cultivated Database, 2008), considérant que la variété Désirée avait un niveau de résistance faible au niveau des tubercules, alors qu'elle confirme les résultats obtenus sur la Sarpo Mira. L'évaluation des attaques par le calcul de la valeur RAUDPC (Relative Area Under the Disease Progress Curve) a montré que la progression de la maladie sur tubercule est nettement plus grande chez la Spunta que sur les autres variétés (Figure 4). En revanche, les deux variétés Sarpo Mira et Désirée ont montré des valeurs RAUDPC moins importantes à l'exception toujours avec l'isolat Rp qui a donné des valeurs RAUDPC assez importantes sur ces deux dernières cela prouve que le comportement des isolats à l'égard des variétés n'est pas le même et l'existence d'isolats agressifs et virulents de *P. infestans* en Algérie.

En général il est rapporté que les cultivars ayant un bon niveau de résistance sur feuillage au mildiou montrent un bon niveau de résistance sur tubercules (Collins et al., 1999) ; cette théorie n'est pas vraiment confirmée par les résultats de notre étude. Il y a eu également quelques différences entre la résistance sur feuillage et sur tubercule puisque, certaines variétés ont eu un comportement très sensible au niveau du feuillage et un comportement inverse au niveau des tubercules, comme la variété Désirée ; de même la variété Spunta qui est connue à être une variété très sensible a montré des lésions de taille intermédiaire sur feuillage et un taux important de sporulation et une sensibilité très importante au niveau des tubercules. Nous remarquons en général, que seule la variété Sarpo Mira s'est montrée résistante au niveau du feuillage et des tubercules.

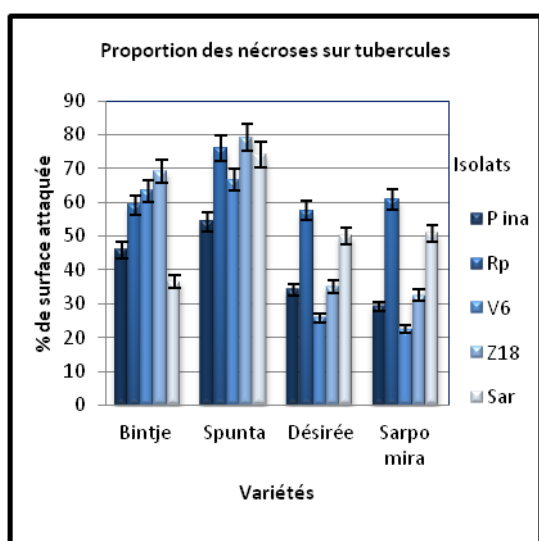


Figure 3 : Proportion de surface nécrosée sur tubercules selon les variétés et les isolats.

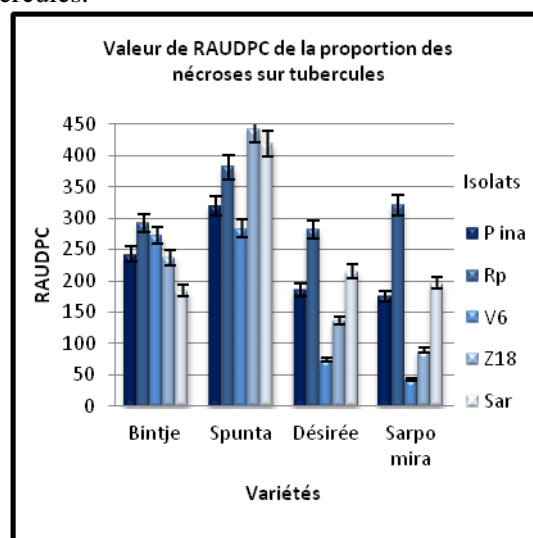


Figure 4 : Valeur RAUDPC (Relative Area Under the Disease Progress Curve) de la prégression de la maladie sur tubercules.

4. CONCLUSION

Les résultats obtenus ont montré que la plupart des variétés testées possèdent des degrés différents de résistance sur feuillage et tubercule et en particulier une résistance variable selon l'isolat considéré. Les variétés cultivées localement en Algérie comme le cas de la Spunta et la Désirée sont sensibles au mildiou. La variété Sarpo Mira s'est montrée plus résistante au niveau des feuilles et des tubercules, cela confirme les résultats obtenus en Europe. Nos tests ont été effectués dans des conditions contrôlées mais en plein champs il y a beaucoup de paramètres qui rentrent en jeu comme les interactions variété - pathogène - climat - micro-organismes antagonistes qui peuvent influencer le niveau de sensibilité des variétés aux pathogènes ; elles peuvent se transformer de variétés sensibles en variétés résistantes ou vis versa. Il est nécessaire de vérifier le comportement des variétés, surtout celles qui ont montré en plein champ un niveau de résistance apprécié, vis à vis du pathogène, pendant au moins trois à quatre ans (Hammi, 2003). Cependant, rechercher des variétés ayant une résistance horizontale très appréciée au mildiou sera une bonne initiation pour l'Algérie afin d'augmenter la production de la pomme de terre et diminuer l'utilisation des fongicides. Certaines recommandations peuvent être suggérées pour maîtriser l'extension de cette maladie en Algérie. Il s'agit de :

- Déterminer les 2 types sexuels A1 et A2 de *P. infestans* dans toutes les zones de production de pomme de terre et de la tomate et effectuer une cartographie de leur distribution.
- Déterminer les différents génotypes du pathogène en utilisant des marqueurs moléculaires et vérifier la formation des oospores dans nos sols.
- Effectuer des travaux de recherches afin de comprendre le comportement des isolats et leur évolution par rapport à l'hôte.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Andrivon D., Pilet F., Montarry J., Hafidi M., Corbière R., Achbani E. H., Pellé R., et Ellissèche D. (2007). Adaptation of *Phytophthora infestans* to partial resistance in potato: Evidence from French and Moroccan populations. *Phytopathology* 97:338-343.
- Beninal L., Corbière R., Kedad A., Andrivon D et Bouznad Z. (2008). A2 mating type, metalaxyl resistance and complex virulence profiles: common features in some *Phytophthora infestans* isolates from Algeria. 11th Euroblight Workshop, Hamar, Norway. 28-31 October 2008: pp. 237- 241.
- Björ J. (1987) Testing resistance of potato to genotypes to tuber late blight. *Potato Research* 30 :525-532.
- Collins, A., D. Milbourne, L. Ramsay, R. Meyer, C. Chatot- Balandras, P. Oberhagemann, W. de Jong, C. Gebhardt, E. Bonnel et R. Waugh, (1999). QTL for field resistance to late blight in potato are strongly correlated with maturity and vigour. *Mol Breed* 5:387-398.
- Cooke L. R., Schepers, H. T. A. M. , Hermansen A. , Bain R. A. , Bradshaw N. J., Ritchie F., Shaw D.S., Evenhuis A. , Kessel G. J. T., Wander J. G. N., Andersson B. , Hansen J.G., Hannukkala A., Nørstad R et Nielsen, B.J. (2011). Epidemiology and Integrated Control of Potato Late Blight in Europe. *Potato Research* 54:183-222.
- Galfout A. (2009). *Contribution à l'étude du Mildiou de la pomme de terre*. Thèse Ing, INA, El Harrach, Alger. 75 p.
- Hammi A., (2003). *Caractérisation de populations de Phytophthora infestans (Mont.) de Bary dans la région de Saïs*. Thèse PhD. Université Sidi Mohammed Ibn Abdallah, Fès, Maroc. 272p.
- James W.C., Shih C.S., Hodgson W.A et Callbeck L.C. (1972). The quantitative relationship between late blight of potato and loss in tuber yield. *Phytopathology* 62:92-96.
- Lees A.K., Cooke D.E.L., Stewart J.A., Sullivan L., Williams N.A. et Carnegie S.F. (2008). *Phytophthora infestans* population changes: implications. 11th Euroblight Workshop, Hamar, Norway. 28-31 October 2008: pp.55-60.
- Moulay Y. (2010). *Contribution à l'étude du mildiou de la pomme de terre dans la région de Bouira et essai de comportement de quelques variétés à l'égard de Phytophthora infestans*. Thèse Ing . ENSA. El Harrach. Alger. 71 p.
- Platt B. (2008). Maladies de la pomme de terre causées par des oomycètes. *Cahiers Agricultures* 17(4) :361-367.
- Rietman H., Bijsterbosch G., Cano L M., Lee H-R., Vossen J H., Jacobsen E., Visser R.G.F., Kamoun S., Vleeshouwers V. G.A.A. (2012). Qualitative and quantitative Late blight resistance in the potato cultivar Sarpö Mira is determined by the perception of five distinct RXLR effectors. *The American Phytopathological society*. 25(7) :910-919.
- Stannard M et Haccart K.(2001). Pomme de terre bio en Nord-Pas-de-Calais le mildiou ne nous fait pas peur !. *AlterAgri* 49 : 14-16.
- The European Cultivated Potato Database, 2008. www.europotato.org. [consulté le 22/10/2008].
- White S., Shaw D. (2008). Resistance of Sarpö clones to the new strain of *Phytophthora infestans*, Blue- 13. 11th Euroblight Workshop, Hamar, Norway. 28-31 October 2008. pp. 61-69.
- White S., Shaw D., (2010). Breeding for host resistance: the key to sustainable potato production. 12th Euroblight Workshop , Arras-France. 3-6 May 2010. pp.125-132.

Distribution of *Fig cryptic virus* (FCV) and *Fig fleck-associated virus* (FFkaV) in Tunisian fig (*Ficus carica* L.) orchards

M. Elair^{1,2}, N. Mahfoudhi¹, M.H. Dhouibi²

¹Laboratoire de Protection des Végétaux, Institut National de la Recherche Agronomique de Tunisie, Rue Hédi Karray, 2049 Ariana, Tunisie

²Institut National Agronomique de Tunisie, 43 Rue Charles Nicole Cité Mahrajène, 1082, Tunis, Tunisie
Email correspondance: manel_elair@hotmail.com

SUMMARY

Fig Tunisian orchards have been the objective of intensive investigations for the presence of fig-infecting viruses, during the last few years. Of these, two new viruses named *Fig cryptic virus* (FCV) and *Fig fleck-associated virus* (FFkaV) were recently identified and reported for the first time in Tunisia. For determining the geographical distribution of these two viruses, 114 fig samples were collected from four fig growing regions (Djebba, Takelsa, Sousse, Rafraf), during spring 2012. Total nucleic acids (TNAs) were extracted from all samples and used as template for RT-PCR analysis. Virus detection was performed from symptomatic and asymptomatic leaves. The present survey has shown that the level of viral infection by the two viruses is 35%. FFkaV appears in 20% of the samples. The virus was most frequent in Takelsa (47.5%) and was absent in Djebba region. FCV was detected in 18% of the tested samples and it was more prevalent in samples from Sousse (48.27%).

Key words: FCV, FFkaV, Fig viruses, RT-PCR, Tunisia

RESUME

Des vergers de figuier ont fait l'objet de recherches intensives pour déceler la présence des virus inféodés au figuier au cours des dernières années. Parmi ces virus, on distingue deux nouveaux virus, le *Fig cryptic virus* (FCV) et le *Fig fleck-associated virus* (FFkaV), qui ont été récemment identifiés et signalés pour la première fois en Tunisie. En vue de déterminer la distribution géographique de ces deux virus, 114 échantillons ont été collectés à partir de quatre régions (Djebba, Takelsa, Sousse, Rafraf), pendant le printemps 2012. L'extraction des Acides nucléiques totaux (ANT) a été réalisée pour l'ensemble des échantillons qui ont été analysés par la RT-PCR. La détection des virus a été réalisée à partir de feuilles symptomatiques et asymptomatique. La présente étude a montré que le taux d'infection par les deux virus est de l'ordre de 35%. Le FFkaV est présent dans 20% des échantillons. Ce virus a été plus fréquent dans la région de Takelsa (47.5%) et absent dans la région de Djebba. Le FCV a été détecté dans 18% des échantillons, il est plus répandu dans les échantillons provenant de Sousse (48.27%).

Mots clés: FCV, FFkaV, RT-PCR, Tunisie, Virus du figuier

1. INTRODUCTION

Fig (*Ficus carica* L.) tree is temperate specie native to south-west Asia and the Eastern Mediterranean regions. It is considered to be one of the oldest fruit trees in the Mediterranean basin. In Tunisia, fig trees are found in many regions as individual trees, in association to other cultivations (olive, grapevine, etc.), in outdoor gardens or in commercial orchards. This wide distribution is due to the high adaptability of varieties to the soil and climatic conditions (Saddoud *et al.*, 2005; Minangoin, 1931; Mars, 1995). Tunisia is amongst the ten top fig producers in the world with a production of 28000 tons (FAOSTAT, 2013). During last decades, cultivated areas decreased due biotic and abiotic stresses including phytosanitary problems (Mars *et al.*, 1998).

Fig mosaic disease (FMD) remains a serious pathological constraint facing fig germoplasm exchange (Mars, 2003). The disease has been reported for the first time in California by Condit and Horne (1933). FMD is a transmissible disease vectored by the eriophyde mite *Aceria ficus* (Condit and Horne 1933; Flock and Wallace, 1955) to which double membrane bodies (DMBs) were referred (Bradford *et al.*, 1970) and consistently associated with mosaic (Elbeaino *et al.*, 2009a; Walia *et al.*, 2009). DMBs were recently identified as putative particles of Fig mosaic virus (FMV).

In the last few years, intensive investigations on the presence of fig-infecting viruses were conducted. To date, ten viruses infecting fig trees have been reported. Seven of which were reported in Italy; Two closteroviruses *Fig leaf mottle-associated virus-1* (FLMaV 1) and *Fig milde-mottle associated virus*

(FMaV), Ampelovirus: *Fig leaf mottle-associated virus-2* (FLMaV-2), Alphacryptovirus: *Fig cryptic virus* (FCV), Emaravirus: *Fig mosaic virus* (FMV), Maculavirus: *Fig Fleck associated virus* (FFkaV) and Trichovirus: *Fig latent virus 1* (FLV1) (Elbeaino *et al.*, 2006, 2007, 2009a, 2010,2011a,b; Gattoni *et al.*, 2009). The remaining three viruses were reported from USA; *Arkansas fig closterovirus 1* (AFCV1) *Arkansas fig closterovirus 2* (AFCV2) (Tzanetakis and Martin, 2010) and *Fig badnavirus 1* (FBV1) (Alma *et al.*, 2012).

A number of those viruses was reported in Tunisia, FLMaV 1 and FLMaV 2 (Nahdi *et al.*, 2006), FCV (Elbeaino *et al.*, 2011a), FFkaV (Elbeaino *et al.*, 2011b), FMV (El Air *et al.*, 2012) and recently FMaV and FLV1 (El Air *et al.*, 2013). The lack of information about the sanitary status of fig crop in Tunisia incited the need to gather information on the presence of FCV and FFkaV which are associated with Fig mosaic disease (FMD). To this aim, the prevalence and distribution of these two viruses are reported in the present paper.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Plant materials

Sampling was made on winter and spring 2012 in four fig-growing areas located at Takelsa, Sousse, Djebba and Rafrat. A total of 114 samples were collected from 26 different local cultivars. Leaves were randomly collected from the quadrant of the tree canopy of symptomatic and asymptomatic fig trees. Then, samples were labeled, placed in plastic bags and stored at 4°C until processing.

2.2. Total nucleic acid (TNA) extraction

Leaves were used as a tissue source for extraction. TNAs were extracted from 300 mg of leaf vein, then homogenized in 1 ml grinding buffer (4.0 M guanidine thiocyanate, 0.2 M NaOAc pH 5.2, 25 mM EDTA, 1.0 M KOAc pH 5.0 and 2.5% w/v PVP-40), and purified according to Foissac *et al.* (2001). The extracts were stored at -20°C until using.

2.3. RT-PCR analysis

All samples were tested by RT-PCR for the presence of the two viruses FCV and FFkaV.

Ten µl of TNAs extract were used as a template for RT reaction. TNAs were mixed with 1 µl random hexamer primer (1µg/µl), denatured at 95°C for 5min and quickly chilled in ice. Reverse transcription reaction was done for 1h at 39°C by adding 4µl buffer 5×, 2µl of 10mM DTT, 0.5 µl of mM dNTPs, and 200 units of MMLV(*Moloney murine leukaemia virus*) reverse transcriptase in a final volume of 20 µl.

PCR reactions were conducted using 2.5µl cDNA in a mixture containing 10×Taq polymerase buffer 2.5 µl of 10×Taq polymerase buffer, 1.5mM as final concentration of MgCl₂, 0.5 µl of 10 mM dNTPs, 0.5 µl of 10µM sense and antisense of each specific primers (Table 1), and 0.2 µl of Taq polymerase (5units/µl) in a final volume of 25 µl. PCR runs consisted of 35 cycles, with an initial denaturing temperature of 94°C. for 30 sec, annealing at 58°C for 30 s and 30 sec elongation at 72°C. This was followed by a final extension for 10 min at 72°C. Amplified product were analyzed in Polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE 5%), stained with ethidium bromide, and visualized with a UV-light.

Table 1. Primers used on RT-PCR for virus detection.

Virus	Primer sequence (5' to 3')	Ap (bp)	Reference
FCV	R1-sTCGATTGTCTTTGGAGAGG R1-aCGCATCCACAGTATCCCATT	353	Elbeaino <i>et al.</i> , 2011a
FFkaV	d8-sATGACGACTGTCAACTCCCT d8-aTTAAGCCAGGGTGGGAGTGTG	270	Elbeaino <i>et al.</i> , 2011b

Ap: amplified product, bp: base pair

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1. Field observations

A wide range of symptoms were observed on leaves of the sampled trees (Figure 1). Leaves of affected trees are more or less severely deformed (c,d,g,f) and show a wide array of discolorations, i.e, various patterns of chlorotic mottling and blotching (c), vein banding, vein clearing (flecking) (a,g,e,h), chlorotic-necrotic ringspots (b,d). Premature fruit drop was also observed in mosaic-diseased fig trees.

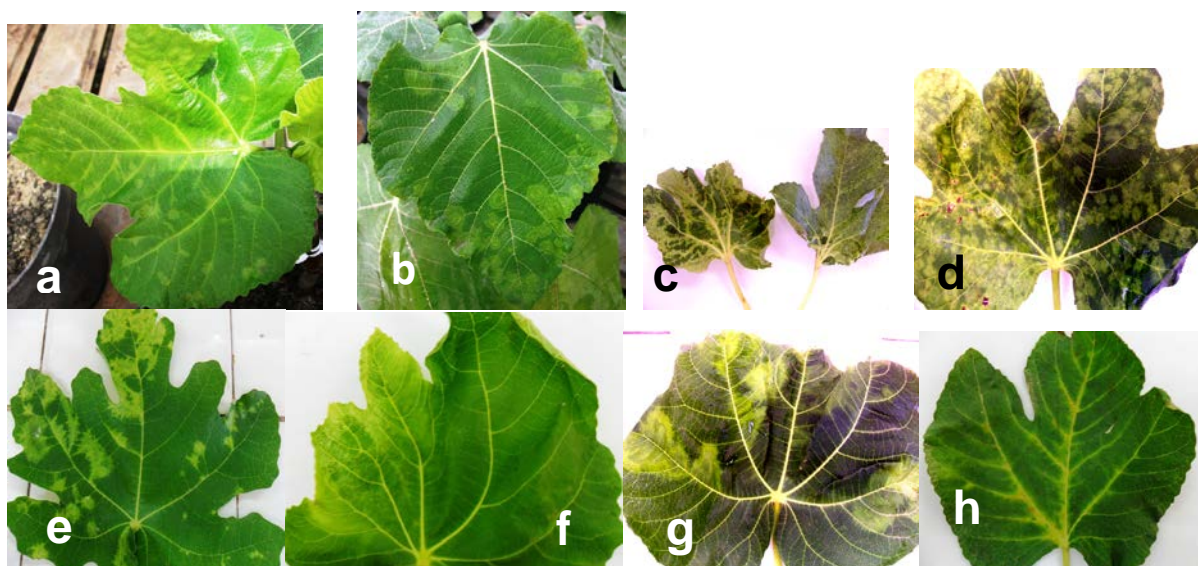


Figure1. Leaves from affected fig trees exhibiting fig mosaic disease symptoms.

3.2. RT-PCR analysis

3.2.1. Virus incidence

When used in RT-PCR, the primers designed on the RNA-dependent RNA polymerase (RdRp) sequences yielded amplicons of the expected sizes from Tunisian fig samples (Figure 2).

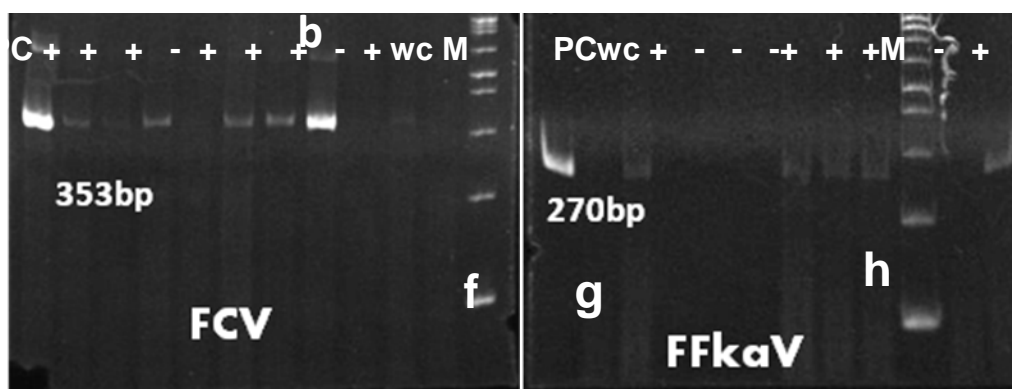


Figure 2. Electropherogram showing RT-PCR amplifications obtained by using FCV specific primers (left gel) and FFkaV specific primers (right gel), PC:positif control; wc: water control; (+): positive sample; (-): negative sample, M: DNA marker 100bp.

Of the 114 tested samples, 40 were infected by at least one virus (35%). The incidence of FFkaV was 20% (23/114). FCV detection was at a rate of 18% (21/114) in all surveyed areas.

In fact, the prevalence of the two viruses in fig plants varied according to regions. FFkaV was most prevalent in Takelsa and Rafrat for which the infection peaks, respectively, 47.5% and 37.5%. The virus was present in Sousse with low infection rate (3.4%) and was absent in Djebba. Samples from Sousse were highly infected by FCV (48.27%), when compared to those from Takelsa (10%) and Djebba (8.1%). while, samples collected from Rafrat were free of FCV (Table. 2).

The different symptoms of leaf discolorations and malformations observed during our survey recall those previously reported from FMD plants worldwide (Martelli *et al.*, 1990; Elbeaino *et al.*, 2009b; 2010). As we mentioned before, FFkaV and FCV have been reported in Tunisia by ELbeaino *et al.*, (2011a, b). Even if virus detection was performed from a limited number of Tunisian samples, the incidence of this two viruses join our results and reaches 17.5% (7/40) and 22.5% (9/40) respectively for FCV and FFkaV.

In addition, FCV was present in five Mediterranean countries with total infection of 18.5%. The virus was most widespread in Lebanon (20%), followed by Albania and Syria (20%), Algeria (16.6%) and Italy (13.7%) (Elbeaino *et al.*, 2011a). Likewise, FFkaV occurred in those surveyed countries with an average of infection reaching 20%, which is in concordance with our results. The virus was most widespread in Syria (25%) and Italy (24%). The lowest infection was in Algeria (16%), Lebanon and Albania (15%) (Elbeaino *et al.*, 2011b).

Table 2. Prevalence of FFkaV and FCV in Tunisian fig-growing area, as determined by RT-PCR assays.

Region	FFkaV		FCV	
	Infected/tested (no.)	Infection (%)	Infected/tested (no.)	Infection (%)
Takelsa	19/40	47.5	4/40	10
Djebba	0/37	0	3/37	8.10
Rafraf	3/8	37.5	0/8	0
Sousse	1/29	3.44	14/29	48.27
Total	23	20	21	18

4. CONCLUSION

This study gives a further contribution to the knowledge of fig-infecting viruses and their distribution in Tunisian fig orchards. *Fig cryptic virus* was detected on symptomatic and asymptomatic trees, and given that the virus is similar to other cryptoviruses, it could not induce symptoms. As for as, more investigation are needed in order to establish a possible cause-effect relationship between FFkaV and the fleck-like vein clearing symptom. Anyway, the symptomatology of FMD is still under investigation. It is a complex and different causal agents could be implied in its expression. Biological indexing on sensible woody indicators as *Ficus* species (*Ficus diversifolia* Blume) could be an alternative method to establish the relationship between viruses and symptom expression.

Acknowledgement

We thank Dr. Michele Digiario and Dr. Toufic Elbeaino from the Agronomic Institute of Bari (IAMB) for providing positive controls.

REFERENCES

- Alma G.L, Mohamed H, and Tzanetakis I.E. (2012) .An integrated Badnavirus is prevalent in fig germplasm. *Phytopathology* 102, (12) 1182: -1189
- Bradfute O.R, Whitmoyer R, and Nault R.L. (1970). Ultrastructure of plant leaf tissue infected with mite-borne viral-like particles. *Proceedings of the Electron Microscopy Society of America* 258: 178-179.
- Condit I. J. and Home W. T. (1933). A mosaic of the fig in California. *Phytopathology* 23:887-896.
- El Air M., Mahfoudhi N., Elbeaino T., Dhouibi M.H, and Digiario M. (2013). Presence of Fig mild mottle-associated virus and Fig latent virus 1 in Tunisia. *Journal of plant pathology (in Press)*
- El Air M., Mahfoudhi N., Elbeaino T, Dhouibi M.H and Digiario M. (2012). Occurrence of Fig mosaic virus (FMV) in Tunisian Fig Orchards. *Journal of Plant Pathology*. 94 (4, Supplement), S4.85-S4.105
- Elbeaino T., Abou Kubaa R., Digiario M., Minafra A., Martelli GP. (2011°). The complete nucleotide sequence and genome organisation of fig cryptic virus, a novel bipartite dsRNA virus infecting fig, widely distributed in the Mediterranean basin. *Virus Genes* 42, 415-421.
- Elbeaino T., Digiario M., Martelli G.P. (2011b). Complete sequence of Fig fleck-associated virus, a novel member of the family Tymoviridae. *Virus Research* 161 198– 202
- Elbeaino T., Heinoun K., Digiario M., Martelli G.P., (2010). Fig mild mottle-associated virus, a novel closterovirus infecting fig. *Journal of Plant Pathology*. 92, 165–172.
- Elbeaino T., Digiario M., Alabdullah A., De Stradis A., Minafra A., Mielke N., Castellano M. A. and Martelli G. P. (2009a). A multipartite single-stranded negative-sense RNA virus is the putative agent of fig mosaic disease. *Journal of General Virology*. 90, 1281–1288.

- Elbeaino T., Nahdi S., Digiario M., Alabdullah A., Martelli G.P. (2009b). Detection of Fig leaf mottle-associated virus 1 and Fig leaf mottle-associated virus 2 in the Mediterranean region and study on sequence variation of the hsp70 gene. *Journal of Plant Pathology* 91: 425– 431.
- Elbeaino T., Choueiri E., Hobeika C., Digiario M. (2007). Presence of fig leaf mottle-associated virus 1 and 2 in Lebanese fig orchards. *Journal of Plant Pathology* 89:409–411.
- Elbeaino T., Digiario M., De Stradis A., and Martelli G.P. (2006). Partial characterization of a closterovirus associated with a chlorotic mottling of fig. *Journal of Plant Pathology* 88:187–192.
- FAO. (2013) Food and Agriculture Organization of the United Nations. Internet resource: <http://faostat.fao.org/default.aspx>.
- Flock R .A. and Wallace J.M. 1955. Transmission of fig mosaic by the eriophyid mite *Aceria ficus*. *Phytopathology* 45:52-54.
- Foissac X., Svanella-Dumas L., Gentit P., Dulucq MJ. And Candresse T. (2001). Polyvalent detection offruit tree Tricho, Capillo and Foveavirus by nested RT-PCR using degenerated and inosine containing primers (DOP RT-PCR). *Acta Horticulturae* (ISHS) 550: 37-43.
- Gattoni G., Minafra A., Castellano M.A., De Stradis A., Boscia D., Elbeaino T., Digiario M. and Martelli G.P. (2009). Some properties of Fig latent virus 1, a new member of the family Flexiviridae. *Journal of Plant Pathology* 91: 543–552.
- Mars M. (1995). La culture du grenadier (*Punica granatum* L.) et du figuier (*Ficus carica* L.) en Tunisie. *Cahier. Options Méditerranéennes*. 13 : 85-95.
- Mars M. (2003). Fig (*Ficus carica* L.) genetic resources and breeding. *Acta Horticulturae*(ISHS) 605: 19-27.
- Mars M., Marrakchi M. and Chebli T. (1998). Multivariate analysis of fig (*Ficus carica*.L.) germplasm in southern Tunisia. *Acta Horticulturae* (ISHS) 480: 75-81.
- Martelli G.P., Castellano M.A., and Laforteza R. (1990). Ultrastructure of mosaic-infected fig leaves, 8th congrée Medit. Phytopath.Union, Agadir, Morocco: 189-190.
- Minangoin N. (1931). Monographie des variétés de figes tunisiennes. Dans: Congrès d'Agronomie du Cinquantenaire, Tome 1, Ed. Imprim. Baconnier, Alger, Algérie, 336-364.
- Nahdi S., Elbeaino T., Digiario M. and Martelli. GP. (2006). First record of Fig leaf mottle-associated virus 1 in Tunisia. *Journal of Plant Pathology*. 88, S70.
- Saddoud O., Chatti K., Salhi-Hannachi A., Mars M., Marrakchi M., Achon M.A., Medina V.P. and Trifi M. (2005). The fig mosaic disease (FMD) in Tunisian fig orchards (*Ficus carica* L.): Symptomatology and cytopathological studies. *Biologia Tunisie*, 4 : 18-21.
- Tzanetakis I. and Martin R. (2010). New viruses found in fig exhibiting mosaic symptoms. 21st International Conference on Virus and other Graft Transmissible Diseases of Fruit Crops. *Julius-Ku`hn-Archiv*, 427.
- Walia J.J., Salem N.M. and Falk B.W. (2009). Partial sequence and survey analysis identify a multipartite, negative-sense RNA virus associated with fig mosaic. *Plant Disease*. 93, 4–10.

Effet des substances volatiles des dattes sur le taux d'infestation de la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera : Pyralidae)

Arif Yaakoub^{a*}, Lombarkia Nadia^b et Laamari Malik^c

^aStation expérimentale de Sidi-Mahdi BP. 17 Touggourt; INRA Algérie.

*yaksimya@yahoo.fr

^{b, c}Université de Batna, 05 Avenue Chahid Boukhilouf, 05000 Batna, Algérie.

RESUME

L'étude de l'impact de la composition biochimique de trois cultivars de datte algérienne (Deglet-Nour, Ghars et Degla-Beidha) sur le taux d'infestation d'*Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera : Pyralidae) a abouti aux résultats suivants : dans un premier temps, le suivi au champ fait révéler un taux d'infestation de 4% pour tous cultivars confondus. Parmi les trois cultivars étudiés, la Deglet-Nour est le plus infesté avec un taux de 7.75%, et la Degla-Beidha est le moins infesté avec un taux qui ne dépasse pas 1.5%, alors que le cultivar Ghars, a présenté un taux de 4.5% d'attaque.

Dans un deuxième temps, Les bio-essais effectués au laboratoire à l'aide d'un tunnel de vol (technique olfactométrique), ont permis d'étudier le comportement des femelles d'*E. ceratoniae*, vis-à-vis un flux d'air provenant de trois cultivars de dattes. Plus de 73% des individus testés ont pris l'envol ; dont 54 % des femelles ont répondu positivement aux diverses stimulations alors que 19.42% d'entre elles ont pris l'envol dans le tunnel de vol mais sans choisir une source d'odeur. En outre, 26.28% des individus testés n'ont présentés aucune réaction à l'égard des substances émises par le flux d'air balayant les cultivars. En fonction des stimuli (réponse positive), Deglet-Nour est attractif pour 50% des femelles testées (175 individus), suivi par le cultivar Ghars (36 %) et enfin Degla-Beidha (14%).

Les analyses physiques et biochimiques des trois cultivars de dattes ont permis d'obtenir des résultats plus au moins hétérogènes en fonction de la morphologie et la consistance de chaque cultivar. Quant aux composés volatils identifiés en CPG, Deglet-Nour révèle une richesse en alcools (2-propanol, éthanol, 1-propanol et 1-butanol) et en l'aldéhyde (acétaldéhyde). Par contre, Degla-Beidha s'avère dépourvu de la partie aromatique présentée par l'acétaldéhyde, d'où le bouquet volatil ne contient que trois Alcools à savoir : 2-propanol, éthanol et 1-propanol. Concernant le cultivar Ghars, il est également dépourvu de la fraction aromatique (acétaldéhyde), mais il est pourvu de toute la fraction d'alcools ciblée.

Mots-clés: composés volatils, infestation, olfactométrie, tunnel de vol, datte, Deglet-Nour, Degla-Beidha, Ghars,

SUMMARY

The study of the impact of the biochemical composition of three cultivars of Algerian date (Deglet-Nour, Degla-Ghars and Beidha) on the infestation rate of *Ectomyelois ceratoniae* (Lepidoptera: Pyralidae) yielded the following results: For all varieties combined, the rate of infestation by *Ectomyelois ceratoniae* is about 4%. Among the three varieties studied, the Deglet-Nour is the most infested with a rate of 7.75% and Degla-Beidha is the least infested with a rate not exceeding 1.5%, while Ghars variety, introduced a rate 4.5% of attack. The behavioral tests carried out by means of an olfactometric technical (flight tunnel), we have investigated the response of *E. ceratoniae* females for the various sources of odors; over 73% of those tested have been flying. 54% of females responded positively to various stimuli, whereas 19.42% of them have sailed into the flight tunnel, but without choosing a source of odor.

In addition, 26.28% of the individuals have shown no reaction to the fumes spread through the air flow sweeping varieties. Depending on the stimuli (positive response), the Deglet-Nour was attractive for 50% of females tested (175 individuals), followed by the Ghars variety with 36% and Degla-Beidha with 14% of individuals tested.

The physical and biochemical analysis of three dates varieties have provided results more or less heterogeneous depending on the morphology and texture of each variety. Concerning the volatile compounds identified by GC. We found that the Deglet-Nour was rich with alcohols (2-propanol, ethanol, 1-propanol and 1-butanol) and the aldehyde (acetaldehyde). On the contrary, the Degla-Beidha was poor for some substances, specially the aromatic part presented by acetaldehyde, where the volatile mix contains only three alcohols included: 2-propanol, ethanol and 1-propanol. On the

Ghars variety, in turn, it lacks the aromatic fraction (acetaldehyde), but it is provided with all the alcohol fraction targeted.

Keywords: date, Deglet-Nour, Degla-Beidha, Ghars, infestation, flight tunnel, olfactometry, volatiles compound.

1. INTRODUCTION

La phoeniciculture présente actuellement une importance économique pour l'Algérie dans la mesure où elle est considérée comme la seconde source de devise après les hydrocarbures. Le Patrimoine phoenicicole de l'Algérie est estimé de plus de 16 millions pieds avec une production de 492.188 Tonnes (Anonyme, 2012).

Les cultivars Deglet-Nour, Ghars, Degla-Beidha et Mech-Degla occupent environ 70 % de ce patrimoine phoenicicole. Les régions les plus productives sont Oued-Righ, les Zibans et le Souf (Anonyme, 1996 ; Anonyme, 1999). Toutefois, cette spéculation est confrontée à plusieurs contraintes, entre autre, le Bayoud ; qui est un champignon vasculaire infectieux, nommé, *Fusarium oxysporum* forme special *Albedinis*. En outre, la pyrale *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera : Pyralidae) est considérée comme le déprédateur le plus redoutable des dattes et comme la principale contrainte à l'exportation (Doumandji, 1981).

En Algérie, l'importance économique d'*Ectomyelois ceratoniae* la place en second rang après le Bayoud (Doumandji, 1977). D'après Munier (1973), *Ectomyelois ceratoniae* peut occasionner des dégâts qui peuvent toucher parfois 80 % de la récolte.

Ectomyelois ceratoniae est un ravageur polyphage ; peut ingérer des fruits aussi variés que la datte. Cette polyphagie a favorisé davantage son extension géographique en lui donnant l'aspect de cosmopolitisme (Doumandji, 1976; Doumandji, 1981). Ces auteurs ajoutent que cette pyrale est présente dans les aires qui s'étendent des Îles Hawaii, la Floride, les Antilles, la partie septentrionale de l'Argentine, le pourtour méditerranéen (Europe méridionale, le Moyen Orient et l'Afrique du Nord), la ceinture de désert depuis le Sahara jusqu'en Iran, les environs du cap en Afrique du Sud et Madagascar (Doumandji, 1976 ; Doumandji, 1981).

Pour mieux cerner ce sujet, il est jugé utile de mener cette étude sur 3 cultivars de dattes les plus répandus en Algérie afin de déterminer les préférences de cette pyrale au moment de la ponte.

La plupart des travaux réalisés sur les interactions *Ectomyelois ceratoniae* - plantes hôtes, notamment, le palmier dattier, sont focalisés sur les relations ravageur-plante hôte en décrivant principalement les stratégies d'attaque développées par le ravageur au cours de son cycle de vie en réponse aux besoins biologiques (nutrition et oviposition). En revanche, peu de choses sont connues sur les facteurs et les mécanismes comportementaux, physiologiques et/ou chimiques sous-tendant cette interaction.

2. MATERIELS ET METHODES

Deux sortes de matériel ont été utilisées pour cette étude. Il s'agit de trois cultivars de palmier dattier *Phoenix dactylifera* L. (Deglet Nour, Ghars et Degla Beidha) et la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* Zeller (Lepidoptera, Pyralidae).

Afin d'avoir une idée sur l'action des cultivars sur le comportement de ponte d'*E.ceratoniae* en plein champ et au laboratoire, il est procédé à un suivi du taux d'infestation des cultivars choisis. Il est opté pour la méthode de Warner (1988), qui consiste à un échantillonnage hebdomadaire de 100 dattes pour les 20 palmiers représentants chaque cultivar. Après l'identification et le sexage des chenilles, un élevage de masse est effectué pour avoir un matériel biologique suffisant.

Les tests olfactométriques en conditions contrôlées sont préconisés afin d'étudier l'action des odeurs végétales sur le comportement des insectes. Dans cette étude, les tests de comportement d'*E.ceratoniae* sont effectués selon les méthodes proposées par Baker *et al.* (1991) ; Cosse *et al.* (1994) ; Mechaber *et al.* (2002) ; Dallaire (2003) ; Ingwild *et al.* (2007). Le principe de ces essais est d'exposer les femelles fécondées d'*E.ceratoniae* sous un tunnel de vol, à des flux d'air balayant les cultivars étudiés (deux à deux) en notant les paramètres suivants: Orientation du vol et la durée du vol et nombre d'individus qui ont touché la source d'odeur ou atterris à environ 10 à 50 cm de la source d'odeur.

Quant au tunnel du vol, est un dispositif de laboratoire qui permet de mesurer et de comparer les réponses comportementales des insectes en conditions contrôlées. Ce tunnel est confectionné selon la méthode décrite par Cosse *et al.* (1994). C'est un tunnel en plexiglas de 180 X 50 X 50 cm. Le flux

d'air pur qui provient d'une pompe à air passe dans un tuyau en plastique vers un débit mètre (rotamètre) munit d'un filtre actif en charbon pour contrôler son débit et le purifier. Il traverse ensuite un autre filtre micropore (0,2 μ) pour le purifier davantage. Cet air arrive ensuite au niveau d'une fiole remplie au 2/3 de son volume avec de l'eau distillée afin de l'humidifier. Le flux d'air est conduit ensuite à travers 2 tuyaux vers deux bouches contenant les stimuli à analyser. Ces tuyaux sont reliés au tunnel de vol.

Une étude comparative des composés volatils de trois cultivars de la datte a été réalisée par le biais d'un Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG), afin d'explorer les substances considérées par Gothilf (1975) ; Coss *et al.* (1994), comme stimulantes d'oviposition pour l'espèce *E.ceratoniae*. Il s'agit d'Hexanoate d'éthyle (Ethyl hexanoate), d'Acétaldéhyde, d'Ethanol, de 1-propanol, de 2-propanol et de 1-butanol.

Dans cette étude, les méthodes d'analyse statistique appliquées sont l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et l'Analyse en Composantes Principales (ACP). En utilisant le logiciel Gostat.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les résultats obtenus montrent une variation des niveaux d'infestation en fonction des cultivars. Parmi les trois cultivars étudiés, Deglet-Nour est le plus infesté, avec un taux maximal de 7,75 %, suivi par Ghars (4,5 %) et enfin Degla-Beidha (1,5%) (Fig. 1).

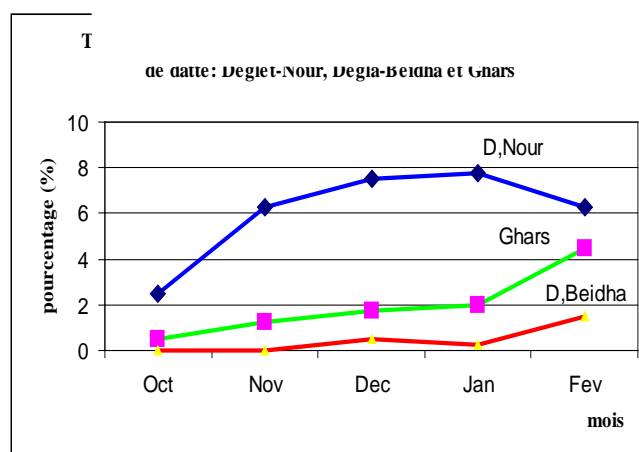


Fig. 1. Niveau d'infestation des dattes par *E.ceratoniae* en fonction des cultivars durant la campagne 2007 / 2008 dans la station expérimentale de l'INRAA de Touggourt (Algérie)

Les tests comportementaux effectués par l'intermédiaire de la technique olfactométrique (tunnel de vol) ont permis l'examen des réponses comportementales des femelles fécondées en position de choix entre deux odeurs selon les différentes combinaisons. 73,42 % des individus testés ont pris l'envol; dont 54 % ont répondu positivement aux diverses stimulations, alors que, 19,42 % ont pris l'envol mais sans aucun choix. En outre, 26,28% des individus testés n'ont présenté aucune réaction à l'égard des flux d'air balayant les 3 cultivars de dattes. (Fig. 2).

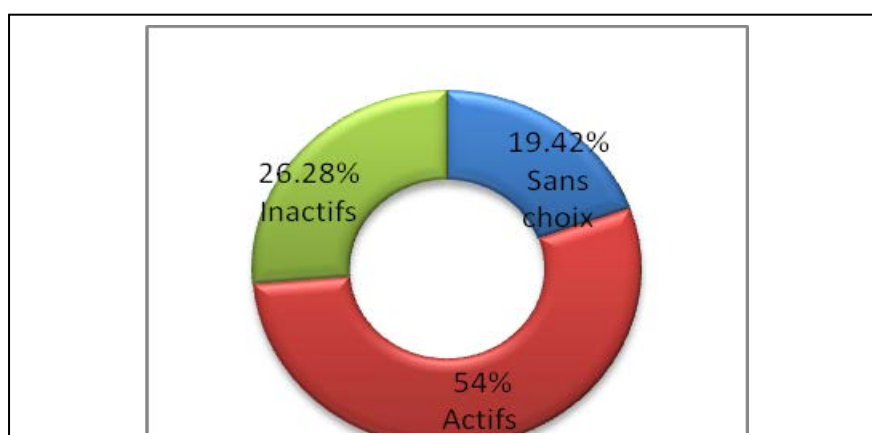


Fig. 2. Comportement des individus d'*E. ceratoniae* exposés aux odeurs de trois cultivars de datte en tunnel de vol

Les femelles inactives, peuvent être réparties en deux groupes. Il y a celles qui n'ont pas répondu à l'air pur (49 individus), soit 14 %. Il y a également celles qui sont restées inactives malgré qu'elles sont exposées aux diverses stimulations (43 individus), soit 12,28 % (Tableau 1).

Tableau 1. Effectifs et comportement des individus d'*E. ceratoniae* exposés aux différentes odeurs dans le tunnel de vol.

	Nombre d'individus testés = 50/test						
	Air pur	D.Nour/ Air pur	D.Beidha/ Air pur	Ghars/ Air pur	D. Nour// Ghars	D. Nour// D. Beidha	D. Beidha/ Ghars
Actifs	0	35	19	32	40	33	30
Inactifs	49	6	21	8	2	2	4
Sans choix	1	9	10	10	8	15	16

Il est remarqué que l'activité des femelles est importante lorsqu'elles sont exposées aux flux d'air provenant de 2 stimuli (cultivars), par rapport à ceux provenant d'un seul cultivar combiné avec de l'air pur.

Par ailleurs, il est remarqué que quelque soit la combinaison, Deglet-Nour est le cultivar le plus attractif. Parmi les 350 femelles testées, environ 50 % sont attirées par D. Nour, 36 % par Ghars et 14 % par D. Beidha (Fig. 3). Parmi les 350 femelles testées, 188 individus (54 %) ont répondu positivement aux flux d'air provenant des trois cultivars de datte. 59 % des femelles actives ont atteint la source d'odeur, alors 41% ont atterri à une distance de 10 à 50 cm de cette source; la majorité des femelles ont accompli leur envol dans un intervalle de 1 -10 mn.

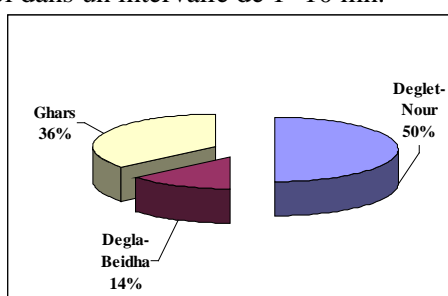


Fig. 3. Répartition des femelles d'*E. ceratoniae* actives en fonction des odeurs émanant des trois cultivars de datte dans le tunnel de vol.

Les résultats des analyses des composés volatils ont permis de détecter 5 composés volatils parmi les 6 recherchés. Le cultivar Deglet-Nour est plus riche en composés volatils, ses émissions comportent des alcools (2-propanol, éthanol, 1-propanol et 1-butanol) et de l'aldéhyde (acétaldéhyde). Par contre, Degla-Beidha s'avère pauvre en produit aromatique et le bouquet volatil ne comporte que 2-propanol, éthanol et 1-propanol. Quant au cultivar Ghars, il est dépourvu de la fraction aromatique (acétaldéhyde), mais il est pourvu de toute la fraction alcoolique ciblée.

L'analyse factorielle des correspondances (AFC) montre que sur les 07 caractères analysés, 3 sont discriminants, à savoir: le taux d'infestation (INFES) et présence ou absence de l'acétaldéhyde (ACTAL) et du 1-butanol (1BUTA). D'après les données représentées sur le tableau 5, il est constaté que l'axe 1 qui contient l'essentiel de l'information s'explique surtout par les caractères Acétaldéhyde (ACTAL) et 1-Butanol (1BUTA) qui ont contribué à l'inertie expliquée par l'axe 1 avec 16,1 % et 20,1 %, respectivement. Sur l'ensemble du graphique, l'Acétaldéhyde (ACTAL) et 1-Butanol (1BUTA) ont contribué à l'inertie totale illustrée par des poids de 13,25 et 10,60 % (Tableau 5).

Tableau 5. Contribution relative à l'inertie expliquée par les axes dans une A.F.C.

		Colonnes		Axes Principaux					
		Poids		Axe 1		Axe 2			
						(En%)			
INFES	**	36.42	**	0.423	1.000	57.0	*	0.007	0.000
ACTAL	**	13.25	**	-0.374	0.868	16.1	*	-0.146	0.132
2PROP	**	7.95	**	-0.139	0.999	1.3	*	-0.004	0.001
ETHAN	**	7.95	**	-0.139	0.999	1.3	*	-0.004	0.001
HEXET	**	15.89	**	-0.139	0.999	2.7	*	-0.004	0.001
1PROP	**	7.95	**	-0.139	0.999	1.3	*	-0.004	0.001
1BUTA	**	10.60	**	-0.466	0.879	20.1	*	0.173	0.121

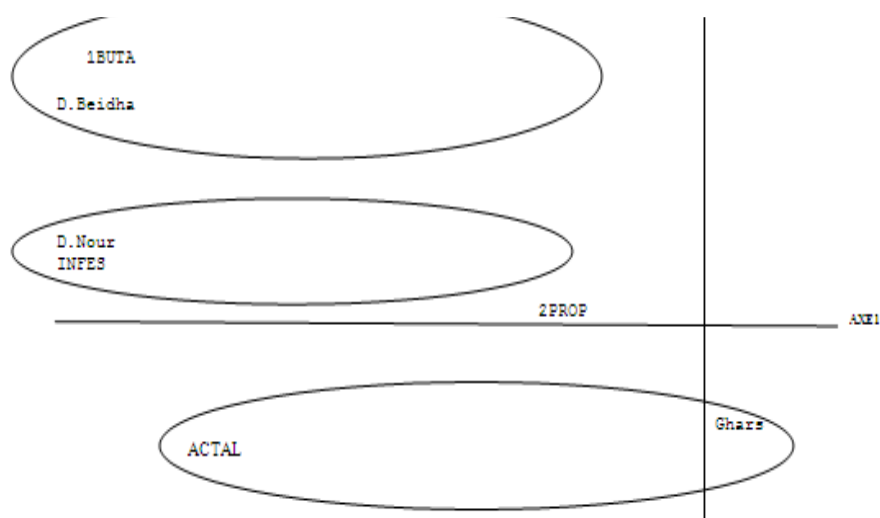


Fig. 4. Représentation simultanée des cultivars (observations) et des variables.

- Groupe 1 : représenté par Deglet-Nour, caractérisé par un taux d'infestation élevée (7,75 %) et par la présence des composés volatils : Acétaldéhyde (ACTAL) et 1-Butanol (1BUTA).
- Groupe 2 : représenté par Degla-Beidha, caractérisé par un taux d'infestation faible (1,5 %) et par l'absence des composés volatils : Acétaldéhyde (ACTAL) et 1-butanol. (1BUTA)
- Groupe 3 : représenté par Ghars, caractérisé par un taux d'infestation moyen (4,5) et par la présence des composés volatils : 1-butanol (1BUTA) et à l'absence du l'Acétaldéhyde (ACTAL).

Les facteurs les plus contributifs à l'infestation sont l'acétaldéhyde (ACTAL) et le

1- butanol (1BUTA). En effet, Deglet-Nour est plus attaquée (7,75%) par le fait qu'il renferme deux composés qui sont des stimulants d'oviposition pour l'*E. ceratoniae*.

Degla-Beidha enregistre le taux d'infestation le plus faible (1,5%), ceci est probablement dû à l'absence de l'Acétaldéhyde (ACTAL) et de 1- butanol (1BUTA).

Quant au cultivar Ghars, il a présenté un seul composé, en l'occurrence (1-butanol). Ceci peut expliquer son taux d'infestation intermédiaire compris entre celui Deglet-Nour et Degla-Beidha.

Le taux d'infestation au champ et les tests comportementaux effectués dans le tunnel du vol se concordent parfaitement en matière du choix variétal de ce ravageur. En effet, RENWICK et CHEW (1994) ont considéré que chez les lépidoptères, la recherche, l'orientation et la reconnaissance présentent la première phase de la sélection d'un convenable site d'oviposition. Les réactions d'orientations des femelles de cette pyrale dans le tunnel de vol traduit une différence assez nette du spectre de stimulants émis par les dattes de chaque cultivar. L'orientation des femelles au moment de l'oviposition semble liée aux métabolites secondaires émis par les dattes mûres de chaque cultivar, ce qui détermine enfin le taux d'infestation.

A partir de résultats obtenus, on constate que la sélectivité variétale d'*E. ceratoniae* est apparemment liée à la composition du bouquet volatil et plus particulièrement à la quantité de l'Acétaldéhyde et de 1-Butanol émise par chaque cultivar.

4. CONCLUSION

Les résultats de l'étude menée sur l'interaction entre la pyrale des dattes *Ectomyelois ceratoniae* et trois cultivars de dattes algériennes à savoir: Deglet-Nour, Ghars et Degla Beidha ont permis de retenir ce qui suit: Les taux d'infestation au champ et les tests olfactométriques au laboratoire sont en complète concordance. D. Nour est plus infesté en plein champ et le plus attractif dans le tunnel de vol. Le cultivar Ghars en 2^{ème} rang et D. Beidha occupe la 3^{ème} place.

La sélectivité variétale chez *E. ceratoniae* est apparemment liée à la composition du bouquet volatil émis par les dattes mûres de chaque cultivar. Il se peut que la fraction acétaldéhyde et 1-butanol en tant que stimulants olfactifs, est déterminante dans l'orientation des femelles d'*E. ceratoniae* au moment de l'oviposition pour le choix d'un site de ponte.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme, (2012). Arboriculture: superficie occupées par les plantations. Ministère de l'agriculture et du développement rural (MADR).
- Anonyme, (1999). Situation de la phoeniciculture dans le monde et les pays arabes. Ed. Organisation Arabe du Développement Agricole (O.A.D.A.), 30 P.
- Anonyme, (1996). Palmiers. Statistiques agricoles. Série A. pp. 5-7.
- Baker T.C., Francke W., Millar J.G., Löfstedt C., Hansson B., Phelan J-W. DU, P.L., Vetter R.S., Youngman R. & Todd J.L. (1991). Identification and bioassay of sex pheromone components of carob moth, *ectomyelois ceratoniae* (zeller). J. Chem. Ecol. 17: 1973-1988.
- Cosse A.A., Endris J.J., Millar J.G. & Baker T.C. (1994). Identification of volatile compounds from fungus-infect date fruit that stimulate upwind flight in female *ectomyelois ceratoniae*. Entomol. Exp. Appl. 72: 233-238.
- Dallaire R. (2003). Effets sous létax du tebufénoside, un régulateur de croissance d'insectes, sur la communication chimique et le succès reproducteur chez *Choristoneura fumiferana* et *C. rosaceana* (Lepidoptera: Tortricidae). Mémoire de maîtrise en sciences (M. Sc.), Faculté des sciences et de génie, Université Laval, Quebec, 74 p.
- Doumandji S., (1981). Biologie et écologie de la pyrale des caroubes dans le nord de l'Algérie, *Ectomyelois ceratoniae* Zell. (Lepidoptera : Pyralidae). Thèse d'état, Paris VI, 145 p.
- Doumandji s. & Doumandji-Mitiche B. (1976). Ponte d'*Ectomyelois ceratoniae* Zell. Dans la Mitidja sur *Acacia farnesiana*. Annales de l'Institut National Agronomique, El-Harrach 6 (4) : 19-32.
- Doumandji-Mitiche B., (1977). Les pyrales des dattes stockées. Annales de l'institut national agronomique, el-harrach 7 (1) : 31-58.
- Gouthilf S., 1975. Oviposition stimulus of the moth *Ectomyelois ceratoniae*: the effect of short-chain alcohols. Journal of Chemical Ecology 1 (4): 457-464.

- Ingwild M-R., Anton S., Delbac L., Dufour C-M. & Gadenne C., 2007. Attraction of the grapevine moth to host and non host plants parts in the wind tunnel; effect of plant phenology, sex and mating statute. Ent. Exp. Et appl.122: 239-24
- Mechaber WL., Capaldo C.T. & Hildebrand J.G., 2002. Behavioral responses of adult female tobacco hornworms, *Manduca sexta*, to hostplant volatiles change with age and mating status. Journal of Insect Science 2 (5): 1-8.
- Munier P., (1973). Le palmier-dattier-techniques agricoles et productions tropicales. Maison neuve et larose, paris, 217 p.
- Renwick, J.A.A. & Chew F. S. (1994). Oviposition behavior in Lepidoptera. Annu. Rev. Entomol. 39: 377- 400.
- Vilardebo A., (1975). Enquête-diagnostic sur les problèmes phytosanitaires entomologiques dans les palmeraies de dattiers du sud-est algérien. Bull. Agr. Sahar., 1 (3) : 1-27.
- Warner R.L. (1988). Contribution of the biology and management of carob moth *ectomyelois ceratoniae* zell. In deglet noor date garden in the coachella valley of california. Thesis doctorate, university of california riverside 280 p.

Etude de la nuisibilité des mauvaises herbes vis-à-vis la culture de la fève (*Vicia faba* L.) dans la région de Biskra

Melakhessou Zohra, Guehiliz Nawel

Département Des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Université Mohamed Kheider, Biskra, Algérie
Email : zmelakhessou@yahoo.fr

RESUME

Une étude réalisée sur la nuisibilité directe des mauvaises herbes vis à vis la culture de fève réalisée dans la région de Biskra a montré que les mauvaises herbes affaiblies le développement et la production (hauteur de la plante, fertilité de fleurs, nombre de gousses par plant, nombre de graines par plant, le pois de cent graines, la biomasse aérienne, le rendement grains et l'indice de récolte) ainsi que la nutrition minérale de la plante. Ses agressions commencent très tôt dès le stade ramifications et se poursuit jusqu'à stade maturité avec un taux de perte de 86% (environ 7 qx/ha contre 54qx/ha possibles). Un désherbage précoce est recommandé dès les 30 premiers jours est responsable des augmentations du rendement.

Mots clés : Compétition, mauvaises herbes, fève.

1. INTRODUCTION

La fève constitue un aliment nutritif très important surtout pour les populations à faibles revenus, qui ne peuvent pas toujours s'approvisionner en protéines d'origine animales (Daoui, 2007). Elle est retenue surtout pour la consommation humaine sous forme de gousses fraîches ou en grains secs. En cas de fortes productions, l'excédent en grains secs peut être incorporé dans l'alimentation du bétail (Maatougui, 1996). En plus de son intérêt nutritionnel, elle est introduite en rotation avec les céréales où elle joue un rôle non négligeable dans l'enrichissement des sols en azote (Rachef *et al*, 2005).

Au sens large, les fèves occupent annuellement près de 50000 ha en Algérie. Le rendement moyen en graines sèches est faible, soit 6 à 7 qx/ha (Rahali *et al*, 2010). Les causes de la faiblesse des rendements sont multiples, les contraintes phytosanitaires (maladies, insectes et adventices) sont en Algérie les plus importantes. Les pertes induites par les adventices et les plantes parasites (Orobanche) en conditions normales de culture sont égales à la somme des pertes occasionnées par les maladies et les insectes (Hamadache, 1997).

En Algérie les pertes dues aux mauvaises herbes en culture de fève sont en moyenne de l'ordre de 50%. Ces pertes sont plus importantes au niveau des régions semi-arides (66.5%) où la compétition pour l'eau est forte (Hamadache et Ait Abdellah, 1996) surtout pour les semis précoces. A cela s'ajoute le faible pouvoir de compétition aux adventices du fait de la croissance lente et de leur faible indice foliaire.

La flore adventice, en tant qu'ensemble phytosociologique causant une gêne aux cultures a fait l'objet de nombreux travaux de recherche (Barralis et Chadoeuf, 1987 cité par Caussanel, 1989). L'objectif de cette étude est de mettre en évidence l'effet compétitif des mauvaises herbes envers le semis d'hiver de la fève d'une part et définir la période de compétition maximale d'autre part.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. La zone d'étude

La région concernée par le présent travail connue sous le nom « porte de Sahara » est située au piment sud de l'atlas saharien. Sa limite septentrionale est constituée par une barrière naturelle haute et rigide qui entrave l'extension des influences du climat méditerranéen. Ce qui donne à la région un caractère aride vers saharien au sud.

La région de Biskra présente un régime pluviométrique faible (155 mm). Au niveau bioclimatique, la région est classée dans l'étage saharien à hiver tempéré (2002/2012).

Le sol de la parcelle d'essai est de type limono-sableux, de nature calcaire (calcaire total 38.5% selon Baize (2000), très basique (pH=8.23) selon Shakar et Haldar (2005), moyennement riche en matière organique (2.33%) et très salé (5 mS/cm) (ITA, 1977).

2.2. Matériel végétal

Le matériel d'étude est constituée par une variété locale de fève appelée communément l'foul l'aarbi). C'est une variété productive, précoce, à gousses moyennes, et d'une hauteur 80 cm.

2.3. Méthode d'étude

La culture a été installée sur une parcelle ayant pour précédent cultural l'orge. Avant le semis, un labour profond, suivi par un passage au Cover crop a été réalisé. Une fumure de fond apportée correspond à 70% des besoins de la culture. L'engrais utilisé est du type NPK (15-15-15).

Les grains de fève subissent un trempage dans l'eau pendant 24 heures (pour faciliter leur germination), ensuite, ils sont mis en terre manuellement. Ainsi une parcelle élémentaire de 4.8 m² (1.20×4) comporte 4 lignes de fèves.

Au cours du développement de la culture, plusieurs opérations de désherbage manuelles ont été effectuées.

2.4. Dispositif expérimental

L'essai consiste à déterminer la période de croissance de la fève durant laquelle la compétition des mauvaises herbes est particulièrement nuisible et affecte fortement le rendement. Pour cela, nous avons adopté un dispositif randomisés (aléatoire) avec 4 répétitions.

Modalités de traitements (désherbage manuel)

Le désherbage a été effectué manuellement. L'effectif, la biomasse des mauvaises herbes, le rendement de la culture et ses composantes ont été mesurés sur la somme des traitements et des répétitions.

T0 : parcelle enherbée du semis à la récolte (témoin sale) (identification des principales espèces d'adventices)

T1 : Parcelle enherbée du semis au stade ramifications primaires puis tenue propre jusqu'à la récolte.

T2 : Parcelle enherbée du semis au stade floraison puis tenue propre jusqu'à la récolte.

T3 : Parcelle enherbée du semis au stade formation des gousses puis tenue propre jusqu'à la récolte.

T4 : Parcelle propre du semis à la récolte (Témoin propre).

2.5. Outil statistique

Les résultats obtenus sont soumis à une analyse de variance (Logiciel Statitcf). Les valeurs moyennes sont groupées à l'aide du test de Newman et Keuls au seuil 5%.

3. RESULTATS

3.1. Evolution de l'enherbement

La production de matière sèche a rapidement évoluée de la levée (32 g de MS/m²) au stade formation des gousses (1487.5g de MS/m²) (Figure 1). En semis d'hiver une dizaine d'espèces adventices a été identifiée au niveau du traitement sale (T0), la levée de ces espèces a été échelonnée dans le temps, mais à maturité toutes ces espèces étaient présentes dans la culture (Tableau 1).

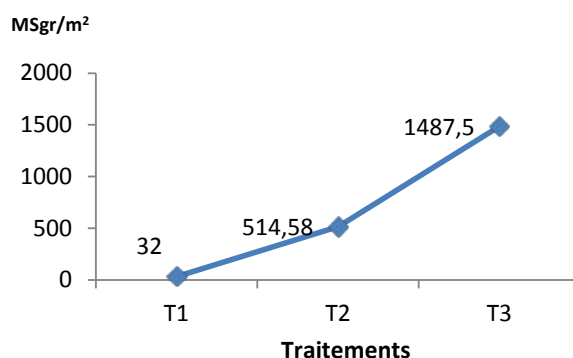


Figure 1. Evolution de la biomasse sèche des mauvaises herbes

Tableau 1. Noms vulgaires, scientifiques et familles des mauvaises herbes les plus abondantes

Nom scientifique	Familles	Noms vulgaires
<i>Moricondia arvensis</i>	<i>Brassicaceae</i>	Moricandie des champs
<i>Trigonilla anguina</i>	<i>Fabaceae</i>	/
<i>Medicago sp</i>	<i>Fabaceae</i>	La luzerne
<i>Malva parviflora</i>	<i>Malvaceae</i>	Les mauves
<i>Sonchus arvensis</i>	<i>Astéraceae</i>	Les laitersons
<i>Polygonum aviculare</i>	<i>Polygonaceae</i>	Renouée des oiseaux
<i>Hordeum vulgare</i>	<i>Poaceae</i>	L'orge (Précédent cultural)
<i>Megastoma pusillum</i>	<i>Boraginaceae</i>	/
<i>Suaeda fruticosa</i>	<i>Chenopodiaceae</i>	Sueda
<i>Zygophyllum carnutum</i>	<i>Zygophyllaceae</i>	Zitta
<i>Hordeum murinum</i>	<i>Poaceae</i>	Orge des rats (sboulat el far)
<i>Secale cereale</i>	<i>Poaceae</i>	Seigle
<i>Beta maritime</i>	<i>Chénopodiacées</i>	Epinard/bette maritime
<i>Crepis sp</i>	<i>Astéraceae</i>	/

L'identification des mauvaises herbes à été faite à l'aide des ouvrages suivants : Gadra (1976), Boyer *et al.* (1990), Cluzeau et Mamarot (1997), Christopher (2005) et Chehma (2006).

3.2. Nombre de fleurs par plante(NBF)

La présence des mauvaises herbes dans une culture de fève produit, également, un effet dépressif sur le nombre de fleurs produites par plante. Le taux de perte peut atteindre un potentiel de 69% (stade floraison), soit en moyenne 10 fleurs par plante (Figure 2). Une culture désherbée avant 26 jours après la levée est moins pénalisée (45% de perte). Au delà de 26 jours d'enherbement, les effets compétitifs des mauvaises herbes sont plus importants. Solh *et al.* (1990), Candy (2005) et Melakhessou (2006) ont obtenus les mêmes résultats.

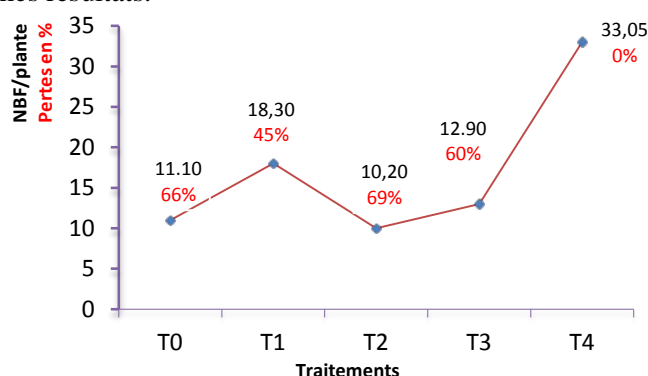


Figure 2. Effet des mauvaises herbes sur le nombre de fleurs/plante

3.3. Hauteur finale de la plante

La hauteur par plante diminue de manière inversement proportionnelle avec la durée de compétition des mauvaises herbes au sein de la culture. La longueur finale de la plante à la récolte varie entre 34 cm pour le traitement T4 (témoin propre du semis à la récolte) à environ 20 cm pour le traitement T0 (témoin sale du semis à la récolte) correspondant à un taux de perte de 41%. Cette observation est en accord avec les résultats obtenus par Hamadache (1990) et Melakhessou (2006).

Tableau 2. Classement des traitements en fonction de leur effet sur la hauteur moyenne du plant et taux de perte

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4
Hauteur finale du plant	19.90	27.95	26.05	26.5	34
Groupe statistique	AB	AB	AB	AB	A
Réduction (%témoin)	41	17	23	32	-

3.4. Rendement en grains et ses composantes

3.4.1. Nombre de gousses par plant (NGS)

Cette composante rend compte du nombre de fleurs fertiles par plante. La fertilité de la plante est souvent affectée par les mauvaises herbes (Hamadache, 1995). La présente étude montre que si les mauvaises herbes ne sont pas éliminées de la culture de fève, elles peuvent provoquer une forte perte en gousses, arrivant jusqu'à 78% (1gousse/plante) (T0) comparée avec celle de (T1 stade ramification primaire) avec un taux de perte environ 12% (moyenne de 6 gousses/plante). Les pertes liées à la fin du cycle (après 150 jours du semis à la récolte) pourraient résulter du phénomène de chute des gousses avortées avant maturité, suite à la concurrence exercée par les mauvaises herbes (Figure 3).

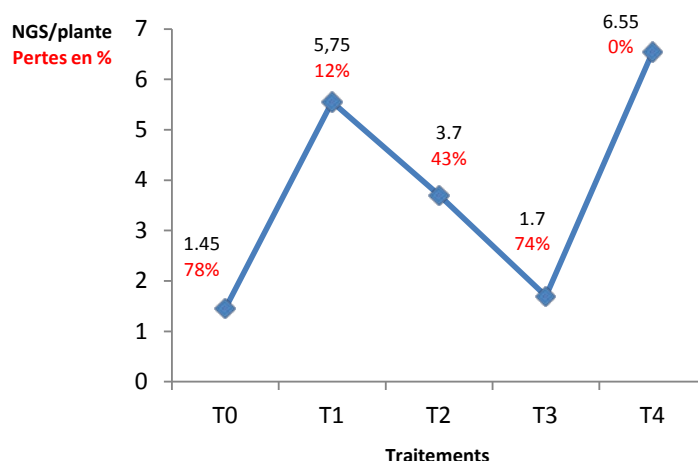


Figure 3. Répartition du taux de perte de gousses par plante en fonction des durées d'enherbement.

3.4.2. Nombre de graines par plant (NGR)

Le nombre de graines par plante nous renseigne mieux sur la fertilité de la plante que le nombre de gousses. Selon Irekti-boulafa (1991) cité par Melakhessou (2006), la compétition de mauvaises herbes s'exerce surtout sur le nombre de graines par plante. Cette composante de rendement est très déterminante pour le rendement final. Les résultats montrent que le nombre de graines par plante diminue considérablement en présence de mauvaises herbes, le nombre de graines le plus élevé a été obtenu au niveau du traitement T4 (environ 17.75 grains/plante) et la valeur la plus basse a été trouvée au niveau du traitement T0 (2.94 grains/plante) avec un taux de perte de 83% rapport au témoin propre (Tableau 3).

Tableau 3. Production de graines par plant et pertes en fonction de la durée d'enherbement.

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4
Nombre de graines/plant	2.94	16.65	8.05	3.45	17.75
Groupe statistique	B	A	AB	AB	A
Réduction (%témoin)	83	5	54	80	00

3.4.3. Rendement en grains (RDT)

Dans l'essai réalisé, le poids de graines produites par plant varie entre 26.05 gr/plante dans la parcelle sans mauvaises herbes à 3.66 gr/plante dans celle enherbée jusqu'à la récolte (Figure 4). Les écarts entre les rendements sont hautement significatifs dès le stade floraison (T2) jusqu'à stade récolte (T0) ($p < 0.0001$). Les pertes enregistrées augmentent avec le retard de désherbage de 3% (T1) à 86% (T3 : parcelle laissée enherbée jusqu'à stade formation des gousses et T0 : parcelle laissée enherbée jusqu'à récolte). La figure montre clairement que le rendement grain a une aptitude décroissante sous l'influence de la durée de compétition des mauvaises herbes. En effet le rendement passe de 52.11 qx/ha (T4) à 7.32 qx/ha (T0) environ sept fois moindre par rapport au témoin propre.

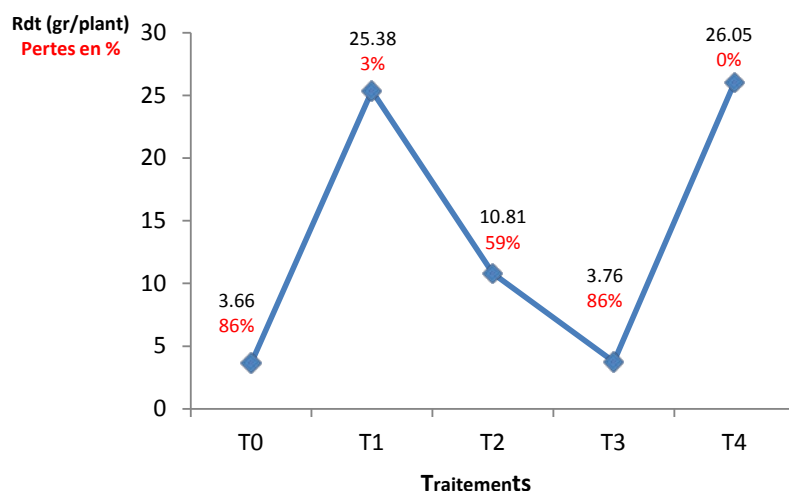


Figure 4. Evolution du rendement en graines en fonction des différents traitements et taux de perte

Les périodes de compétition (répartition des pertes au cours du cycle) vis-à-vis du rendement en graine suivent dans une certaine mesure celles du nombre de graines par plant. Ainsi, la perte du rendement se joue dès l'approche de la floraison et se poursuit au stade formation des gousses. La présence des mauvaises herbes à ces deux stades sont responsables d'environ 60% de pertes.

Au Québec, la présence des mauvaises herbes réduit les rendements de l'orge d'environ 8% (Swanton *et al.*, 1993). Le chiendent a provoqué une réduction de rendement de 28%. Le taux de perte de rendement est estimé à plus de 80% pour la lentille et le pois chiche d'hiver. De même varié entre 50 à 66.5% pour la fève (Hamadache *et al.*, 1996; Hamadache *et al.*, 1997).

Bhan et Kukula (1987) montrent que dans une culture non désherbée le rendement est de l'ordre de 3.70 qx/ha contre 7.58 qx/ha dans une culture désherbée.

3.5. Evolution de la matière sèche totale de la culture

Une culture désherbée produit plus de matière sèche qu'une culture enherbée durant tout le cycle cultural (Tableau 4). En absence de mauvaise herbe, la production de matière sèche totale est de l'ordre de 74 g/plante (T4) suivie par le traitement T1 (63.85g/plante). Par contre en situation de concurrence sévère des mauvaises herbes avec la culture est trouvée avec le traitement T0 (9.68 g/plante) ce qui correspond à un taux de perte de 87% par rapport au témoin propre.

La concurrence des mauvaises herbes s'intensifie au delà de 30 jours d'enherbement et la culture commence à se desséchée (Perte de biomasse).

Tableau 4. Production de la matière sèche totale en fonction des différents traitements et taux de pertes.

Traitements	T0	T1	T2	T3	T4
Matière sèche totale	9.68	63.85	29.76	11.42	74
Groupe statistique	B	A	B	B	A
Réduction (%témoin)	87	14	60	85	-

3.6. Détermination de la période critique

Selon Weaver et Tan (1987), c'est l'intervalle de temps compris entre (a) la durée minimale après l'émergence de la culture durant laquelle celle-ci doit être maintenue propre afin que les mauvaises herbes ne causent pas de réduction sensible de rendement (b).

La combinaison des deux figures (biomasse des mauvaises herbes et le rendement en grains) fait apparaître la période critique (Pc) de la culture. Elle correspond dans notre cas à la phase qui va du stade floraison jusqu'à stade maturité, soit de la 7^{ème} semaines à la 18^{ème} semaines après la levée de la culture (Figure 5).

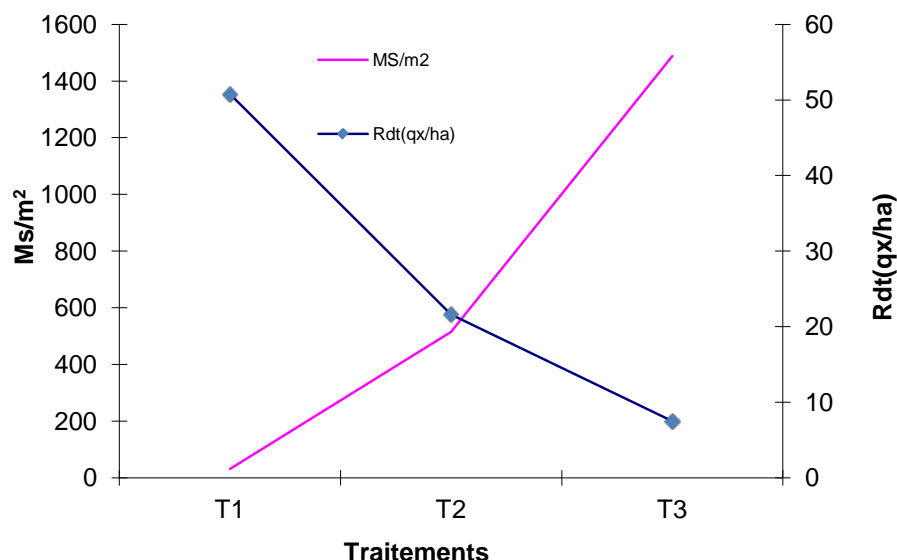


Figure 5. Période critique maximale de compétition des mauvaises herbes

4. DISCUSSION

Les résultats obtenus montrent l'importance de salissement dans la zone aride et la sensibilité de la fève à la compétition des mauvaises herbes. La biomasse totale des mauvaises herbes n'explique pas à elle seule la chute du rendement de la fève, mais c'est la période et la durée de présence des mauvaises herbes qui démontrent cette chute de production. Ainsi le taux de perte par rapport au témoin propre de mauvaises herbes augmente avec le retard de désherbage de 3% dans la parcelle qui est enherbée uniquement jusqu'à stade ramification à 86% de perte dans les deux parcelles (T3: parcelle enherbée du semis au stade formation des gousses et T0: parcelle sale du semis à la récolte).

Selon Hamadache (1997), les dix premiers jours qui suivent la levée, soit stade 2-3 feuilles (stade juvénile, semble être la plus sensible aux adventices. Il suffit de maintenir la culture propre pendant cette période pour que la culture échappe plus tard aux effets compétitifs des adventices. Cette période varie d'une culture à une autre et d'une région à une autre.

Pour le blé concurrencé par le brome, cette période est étalée entre fin tallage à la pleine floraison (Rzozzi *et al.*, 1998). Des essais ont montré que l'action du brome est exercée principalement avant la floraison et n'a pas eu d'effet majeur pendant le remplissage des grains. Elle s'est produite du début tallage à mi-montaison (phase d'élaboration du nombre du grain/m²) (Bada, 2007). Pour le poivron (*Capsicum annuum*), l'agressivité des mauvaises herbes se situe entre 15-42 jours environ après transplantation (Candy, 2008).

5. CONCLUSION

Ce travail préliminaire sur la compétition des mauvaises herbes vis-à-vis d'un semis d'hiver de la fève montre l'importance du salissement dans la zone aride et la sensibilité de la fève aux mauvaises herbes. L'étude réalisée a permis de cerner l'ampleur des pertes engendrées par les mauvaises herbes, ainsi que les stades sensibles de la culture. Il ressort des estimations des taux de pertes évaluées en fonction des différents stades phénologiques de la culture (durée d'enherbement).

Les mauvaises herbes perturbent le déroulement du cycle de production de la fève. Ses actions commencent très tôt, au stade ramification. Elles déprécient l'ensemble des paramètres suivis, mais l'ampleur des dégâts causés varie avec le stade de la culture et la composante considérée: la biomasse aérienne, la fertilité (nombre de fleurs et de graines par plant) et surtout les rendements en grains sont les plus vulnérables. Leurs taux de réduction peuvent atteindre respectivement: 87% (T0), 69% (stade floraison T2), 83% (T0) et 86% (T0 et T3) par rapport au témoin propre (T4).

L'agression sévère des mauvaises herbes commence très tôt (avant les 30 premiers jours jusqu'à formation des gousses). Si elles ne sont pas éliminées, elles peuvent encore affaiblir davantage la culture en phase de maturation.

Sur le plan pratique, le rendement ainsi que la qualité nutritive du produit récolté peuvent être sensiblement limitées par la pratique du désherbage précoce (herbicide de post levée) au cours du stade plantule et surtout à l'approche de la floraison.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bada L., (2007). Variabilité génotypique du blé dur (*Triticum durum* Desf.) vis-à-vis de la nuisibilité directe du Brome (*Bromus rubens* L) en condition semis aride. Thèse Magister en Sciences agronomiques, Université de Batna. 46p.
- Baize., (2000). Guide des analyses en pédologie. 2^{ème} édition. Paris : INRA. 257p.
- Bhan V.M., Kukula S., (1987). *Weeds and their control in chick pea*. Revue. Option méditerranéenne n°06 : 319-328.
- Boyer E., Buttler K.P., Finkenzeller X., Grau J., (1990). Guide de la flore méditerranéenne. Edition. Paris. 285p.
- Candy J., (2008). Effet de la durée de compétition des mauvaises herbes sur la culture de poivron (*Capsicum annuum* Linée.). Thèse Ingénieur agronome Université notre dame d'Haïti.
- Caussanel J.P., (1989). Nuisibilité et seuil de nuisibilité des mauvaises herbes dans une culture annuelle. Situation de concurrence spécifique. Revue. *Agronomie*, n° 03: 219-240.
- Chehma A., (2006). Catalogue des plantes spontanées du Sahara Septentrional. Algérie, Université Ouargla. 140p.
- Christopher G. W., (2005). Larousse, fleurs sauvages 500 espèces. Edition. Eyewitness handbook. Paris.
- Cluzeau S., Mamarot J., (1997). Mauvaises herbes des cultures. Edition . Carrousel, Paris. 484 p.
- Daoui, (2007). Recherche de stratégies d'amélioration de l'efficacité d'utilisation de phosphore chez la fève dans les conditions d'agriculture pluviale au Maroc. Thèse doctorat, Université Catholique de Louvain, 215p.
- Gadra N.D, (1976). Les mauvaises herbes des grandes cultures. Ed. Institut de Développement des Grandes Cultures, 152p.
- Hamadache A., (1990). Etude de la période de compétition des mauvaises herbes vis-à-vis d'une culture de pois chiche. Revue *Céréaliculture* n°22. Edition Institut Technique Des Grandes Cultures Alger: 13-17.
- Hamadache A., (1995). Les mauvaises herbes des grandes cultures (Biologie, écologie, moyens de lutte). Revue. *Céréaliculture, numéro spécial* Edition Institut Technique Des Grandes Cultures Alger, Alger, 40p.
- Hamadache A., Ait Abdallah, (1996). Lutte contre les adventices en culture du pois chiche d'hiver : un facteur déterminant pour la valorisation du matériel végétal et du semis précoce. *Revue céréaliculture* n° 33, Edition Institut Technique Des Grandes Cultures Alger: 7-12.
- Hamadache A., Ait Abdallah P., Belloula B., (1996). Effet de l'environnement, de la date de semis et de désherbage sur le rendement en grains et ses composantes chez la fève (*Vicia faba* Linnée) . Revue *Céréaliculture* n° 29. I.T.G.C. Alger : 15-18.
- Hamadache A., (1997) : Les maladies, les adventices et les ravageurs des fèves en Algérie. Edition Institut Technique Des Grandes Cultures Alger : 43-52.
- Hamadache A., Boulafa H., Aknine M., (1997). Mise en évidence de la période de sensibilité maximale du pois chiche d'hiver en vers les mauvaises herbes annuelles dans la zone littorale. Revue *céréaliculture* n° 31, Edition Institut Technique Des Grandes Cultures Alger: 25-28.
- I.T.A, (1977). Labo ration du sol : méthode d'analyse physique et chimique du sol et eau. Mostaganem, 106p.
- Maatougui M.E., (1996). Situation de la culture des fèves en Algérie et perspectives de relance. Revue *Céréaliculture* . Edition Institut Technique Des Grandes Cultures Alger Pp 6.
- Melakhessou Z., (2006). Etude de la nuisibilité directe des adventices sur la culture de pois chiche d'hiver (*Cicer arietinum* Linnée) variété ILC 3279, cas de (*Sinapis arvensis* innée.). Université de Batna, thèse magister, 51p.
- Rachef S.A., Ouamer F., Ouffroukh A., (2005). Inventaire des ravageurs de la fève en Algérie (identification et caractérisation). Edition Institut National De La Recherche Agricole, volume. N° 16 : 36-37.

- Rahali A., Makhlouf M., Benkherbache N., (2010). Influence de l'itinéraire technique sur le stock semencier de mauvaises herbes de la zone semi aride de Sétif , Edition Institut Technique Des Grandes Cultures , Alger ,162p
- Rzoui S.B., Bouhache M., Hamal A., Saffour K., (1998). Période critique de compétition entre le brome et le blé dur. Edition. Institut agronomique et vétérinaire Hasan II, Rabat, Institut national de la recherche agronomique, Meknès, Maroc.
- Shakar et Haldar., (2005). Physical and chemical methods in soil analysis : fundamental concept of analytical chemistry and instrumental techniques India : New age international, 176p.
- Solh M.B., Pala M., (1990). Weed control in chick pea .Revue .*Option méditerranéenne* N° 09:93-99.
- Swanton C.J., Anderson R.L., (1993). Effet du chiendent sur le rendement et le développement de l'orge, agri-Food Canada : 537-542.
- Weaver et Tan., (1987). Période critique de compétition entre le Brome et le blé dur. [http //www.weed /](http://www.weed/).

Impact de la prédation du Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* Linné, 1758 sur les ravageurs de cultures dans quelques régions en Algérie

Karim Souttou¹, Makhoulf Sekour², Labed Ababsa², Omar Guezoul², Salaheddine Doumandji³, Christiane Denys⁴

¹Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, Département d'Agropastoralisme, Université de Djelfa, B.P. 17000, Djelfa, Algérie. Email : kasouttou@yahoo.fr

²Département des Sciences Agronomiques, Université d'Ouargla, B.P. 30000, Algérie.

³Ecole Nationale Supérieure Agronomique, El Harrach, Alger, Algérie.

⁴UMRCNRS7205 -CP51 - Mammifères & Oiseaux, Département Systématique et Evolution, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris

RESUME

Il est à noter que 23 espèces-proies nuisibles sont recensées dans le régime alimentaire du Faucon crécerelle entre 1997 et 2003 à El Harrach. Le Moineau hybride *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* est l'espèce la plus consommée avec 23,6 %. Le taux des espèces-proies nuisibles dans les autres stations est variable. Dans un milieu agricole à Dergana, *Potosia cuprea* est la mieux représentée. Dans les stations de Bab Ezzouar et de Meftah, le Moineau hybride est l'espèce la plus ingérée. Dans un milieu steppique à El Mesrane (Djelfa), *Meriones shawii* vient en tête avant *Sturnus vulgaris* et *Passer* sp. Dans un milieu agricole à Meziraâ (Biskra), *Schistocerca gregaria* avec 52,5 % est l'espèce-proie nuisible la plus capturée par ce Falconidae. Dans la station d'El Kantara (Biskra), *Calliptamus* sp. vient en tête au sein des espèces nuisibles ingurgitées par *Falco tinnunculus*.

Mots clés: Algérie, espèces nuisibles, Faucon crécerelle, *Falco tinnunculus*, prédation.

SUMMARY

A total of 23 harmful prey species were listed in the diet of the Common kestrels between 1997 and 2003 in El Harrach. The hybrid sparrow *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis* was the most species consumed with 23.6 %. The percentage of the harmful prey species varied between different areas. In the farmland area in Dergana, *Potosia cuprea* was most represented. In Bab Ezzouar and Meftah area, the hybrid sparrow was the most species consumed. In the steppe area in El Mesrane (Djelfa), *Meriones shawii* was the most consumed before *Sturnus vulgaris* and *Passer* sp. In the farmland area in Meziraâ (Biskra), *Schistocerca gregaria* with 52.5 % made up a most species prey captured by this Falconidae. In El Kantara area (Biskra), *Calliptamus* sp. was the most harmful species consumed by *Falco tinnunculus*.

Key words: Algeria, harmful species, Common kestrel, *Falco tinnunculus*, predation.

1. INTRODUCTION

D'une manière générale, le régime alimentaire de *Falco tinnunculus* est bien étudié dans le monde. En Europe les travaux réalisés par Thiollay (1963, 1968) et Quere (1990) en France, Yalden et Warburton (1979) et Village (1990) en Angleterre, Valkama et al. (1995) en Finlande, Romanowski (1996) en Pologne, Roulin (1996) en Suisse, Fattorini et al. (1999) et Salvati et al. (1999) en Italie sont à citer. Parmi les études traitant du régime alimentaire de ce Falconidae en Afrique il faut citer ceux de Bergier (1987) au Maroc, de Carrillo et al. (1994) aux îles Canaries, de Van Zyl (1994) en Afrique du Sud et de Baziz et al. (2001), de Souttou et al. (2004, 2006, 2007 et 2008) en Algérie. Les travaux réalisés montrent que le spectre trophique de *Falco tinnunculus* est très varié. Il est composé par des insectes, des reptiles, des oiseaux et des mammifères. Mise à part l'étude réalisée par Korpimäki (1985) en Finlande mettant en évidence la place des rongeurs dans l'alimentation du Faucon crécerelle, peu de publications ont traité de la part des espèces nuisibles aux cultures appartenant à différentes classes animales dans le comportement trophique du Faucon crécerelle. Dans le présent travail une attention est donnée aux espèces-proies nuisibles aux cultures capturées par *Falco tinnunculus* dans quelques localités en Algérie.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Choix des stations

Le choix des aires-échantillons est dicté d'abord par la présence de rapaces diurnes. Il est indispensable qu'il y ait des pelotes de rejection disponibles en nombres suffisants et d'accès facile. Les stations prises en considération s'étendent sur plusieurs dizaines d'hectares sachant que les rapaces diurnes possèdent de grands cantons. Le nombre de stations retenues est de 7, soit 4 sur le Littoral ou à la limite des plaines intérieures sublittorales près d'Alger, 1 sur les Hauts Plateaux à Djelfa et 2 au Sahara à Biskra (Fig. 1). La description de chacune d'elles comprend d'abord sa position exprimée à travers des coordonnées géographiques, puis des données sur les caractères édaphiques et climatiques et enfin sur les particularités floristiques et faunistiques.

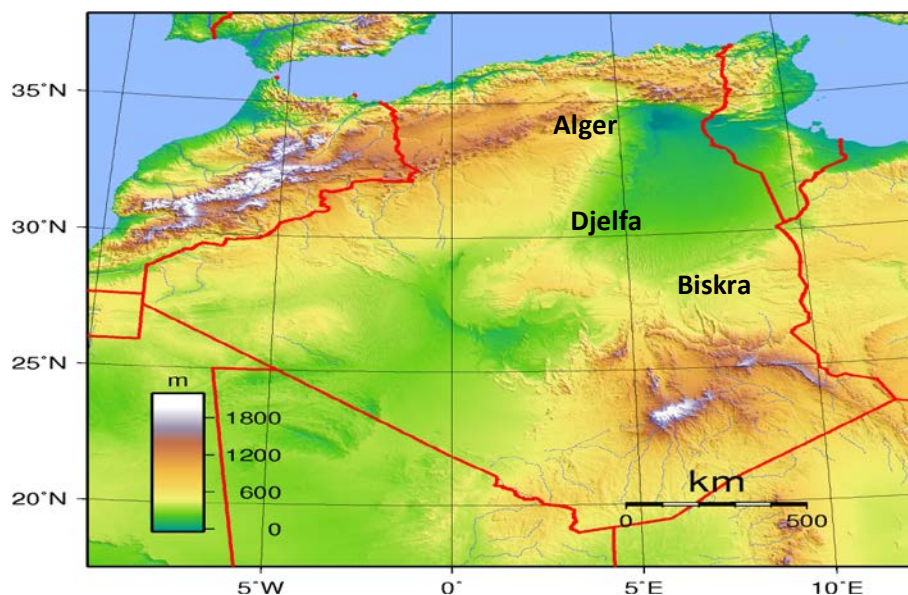


Figure 1. Situation géographique des région d'étude

2.1.1. Stations du Littoral et des plaines intérieures sublittorales

2.1.1.1. Station du Plateau de Belfort

A l'Est d'Alger la transition se fait d'une manière progressive de la ville vers sa banlieue. C'est une mosaïque d'habitations collectives, de villas, de petits îlots forestiers, de parcs, de jardins, de vergers d'agrumes et de néfliers et de parcelles de cultures maraîchères encadrées ça et là par des brise-vent de filao *Casuarina torulosa* Dryand et de cyprès *Cupressus sempervirens* Linné. Dans la région la hauteur moyenne interannuelle des précipitations se situe entre 600 et 900 mm par an. Pourtant en 2000 le niveau total des pluies atteint à peine 272 mm attestant d'un déficit annuel d'au moins 350 mm. La température moyenne annuelle est de 18 °C. Le climat du Littoral algérois est de type méditerranéen avec une longue période humide et fraîche allant de l'automne jusqu'au printemps et une période verno-estivale courte, sèche et chaude. La station appartient à l'étage bioclimatique subhumide à hiver doux. La proximité de la Méditerranée adoucit l'atmosphère créant des conditions favorables pour l'installation d'une grande diversité de plantes, de nombreuses espèces d'oiseaux nicheurs et pour le maintien d'une partie des populations migratrices. La station d'étude est un parc situé dans la région d'El-Harrach. C'est un milieu suburbain qui se trouve à cheval entre le plateau de Belfort (Hacen Badi) et la partie orientale de la Mitidja (36° 43' N.; 3° 08' E.). La station s'élève à 50 m. d'altitude et s'étend sur 16 ha environ dont la partie septentrionale couvrant 10 ha est occupée par des bâtiments pédagogiques dispersés et alternés avec des espaces verts. Ceux-ci constituent de véritables collections botaniques vivantes telles que des pelouses et des formations végétales à trois strates, soit arborescente, arbustive et herbacée. La partie méridionale de la station est un ensemble de petites parcelles agricoles de près de 6 ha. La physionomie du paysage est de type semi-ouvert, milieu très favorable comme territoire de chasse pour les rapaces tels que le Faucon crécerelle.

2.1.1.2. Station de Bab Ezzouar

Le campus universitaire de l'université des sciences et techniques Houari Boumediene (U.S.T.H.B.) s'étend sur d'anciennes terres agricoles céréalières et fourragères à proximité de Bab Ezzouar (36° 42' N.; 3° 10' E.) sur une superficie de 105 ha dont 60 ha sont bâtis. Les 45 ha restant constituent l'espace libre. Avant la construction du campus universitaire en 1974, cette zone était partiellement marécageuse le long de la voie ferroviaire où les eaux stagnantes favorisaient le développement de *Typha*, de *Phragmites*, de *Juncus* et de *Carex* (Hamidi et Saidi, 1993). Actuellement, avec l'installation du campus universitaire, cette zone connaît un important remaniement au niveau du sol, de la topographie et de la végétation ce qui lui confère un milieu propice tant pour la faune que pour la flore. La végétation actuellement installée est représentée par quelques peupliers blancs, des eucalyptus et par une strate herbacée assez irrégulière. La faune dans la station de Bab Ezzouar est diversifiée.

2.1.1.3. Station de Dergana

Le territoire de chasse de *Falco tinnunculus* pris en considération est un milieu à vocation agricole, situé dans la région de Dergana (36° 45' N.; 3° 16' E.). Il est limité au nord par le littoral d'Alger-plage et à l'est par les vergers d'agrumes et de néfliers du domaine Lieutenant Si Boualem. Au sud il est séparé de Rouiba par des parcelles de cultures maraîchères, et à l'ouest par des terrains occupés par des céréales et des soles fourragères. Les parcelles situées au cœur de la station sont couvertes les unes par de la fève (*Vicia faba*, Fabaceae), de la pomme de terre (*Solanum tuberosum*, Solanaceae) ou de sorgho (*Sorghum vulgare* (Persoon), Poaceae) et les autres par des friches dominées par l'inule visqueuse ou "amagramaneou mersitt" [*Inula viscosa* (Linné)], par "aquichèou ou chouk el h'mir" (*Galactites tomentosa*, Asteraceae) et la molène ou "boussira" (*Verbascum sinuatum* Linné, Scrofulariaceae). Les brise-vent sont constitués par des cyprès *Cupressus sempervirens* et des filaos *Casuarina torulosa* et jouent le rôle de perchoirs pour les oiseaux. La somme des précipitations annuelles de la région s'élève à 807 mm en 1999. La température moyenne annuelle est de 18 °C. correspondant à un étage bioclimatique subhumide à hiver doux selon la station météorologique de Dar El Beida.

2.1.1.4. Station de Meftah

La station de Meftah est proche de Djebel Zerrouala de l'Atlas tellien, est un ensemble de vergers de poiriers *Pirus communis* séparés par des brise-vent composés de filaos, de quelques frênes et d'oliviers dispersés (36°37'N., 3°13'E.). Les terres ouvertes sont consacrées surtout aux cultures potagères. Il est à noter également la présence de l'oued El Makhfi lequel est bordé en strate arborescente par des *Eucalyptus* et en strate arbustive par *Pistacia lentiscus*. La strate herbacée est représentée par un mélange d'espèces. Parmi les Asteraceae nous citons *Galactites tomentosa*, *Sonchus oleraceus*, *Anacychus clavatus*, *Cichorium intybus*, *Picris echioides* et *Scolymus hispanicus*. Au sein des Poaceae il y a *Bromus hordeaceus* et *Lolium multiflorum*. Les Malvaceae sont représentées par *Malva parviflora* et *Lavatera cretica*. Parmi les Boraginaceae, *Rumex acetosella* est à citer. Dans cette station, l'empreinte rurale est marquée.

2.1.2. Station El Mesrane (Djelfa) sur les Hauts Plateaux

La station d'El Mesrane est située à 14 km au Sud de l'agglomération de Hassi Bahbah et à 20 km au Nord d'Ain Maâbed. Elle se trouve à 870 m d'altitude (34° 57'N., 3°03'E.). Elle se retrouve entre Chott Zahrez Gherbi à l'ouest et Chott Zahrez Chergui à l'est. Elle est caractérisée par la présence du Cordon dunaire, avec une longueur de 8 à 10 km et une largeur de 3 à 4 km. Elle est limitée au nord par Grizine El Hatab, à l'est par Mechta Noguiguira, au sud par le Rocher de sel et par Daiet Zerguine et à l'ouest par Bled El Kharza et la Sebkha. Dans la station d'El Mesrane il existe trois strates, l'une arborescente constituée de pins d'Alep (*Pinus halepensis*), la seconde arbustive formée de Tamarix (*Tamarix gallica*), de Genévrier rouge (*Juniperus phoenicea*), d'Atriplex (*Atriplex halimus*), et de Cactus (*Opuntia ficus indica*) et la troisième herbacée représentée par *Peganum harmala*, *Salsola vermiculata* var. *brevifolia* Maire et Weill., *Retama retam*, *Lygeum spartum*, *Artemisiacampestris* Linné, *Artemisia herba halba*, *Atractylis serratuloides* Sieb. et *Stipa tenacissima*. Parmi les plantes cultivées nous citons le blé dur (*Triticum durum*) et l'orge *Hordeum vulgare*.

2.1.3. Stations situées au Sud de l'Atlas Saharien

Deux stations retiennent l'attention dans la région de Biskra, celle de Meziraâ et d'El Kantara. La station de Meziraâ est un milieu à vocation agricole. Les cultures maraîchères viennent au premier rang. Elles voisinent avec des cultures céréalières qui sont moins importantes. En troisième place la phoeniciculture est développée. La station d'El Kantara est également un milieu à vocation agricole. Elle est limitée au nord par Djebel Metlil, à l'est par Djebel El Mahmel, à l'ouest par des dayas et au sud par Oued El Haï (35°13'N.; 5°43'E.). La station est caractérisée par plusieurs types de cultures. Ici, c'est la phoeniciculture qui occupe le premier rang, suivie par la céréaliculture avec la culture de l'orge et par les cultures maraîchères en troisième place.

2.2. Méthode d'étude du régime alimentaire du Faucon crécerelle

L'étude du régime alimentaire de *Falco tinnunculus* est entamée en analysant les pelotes de rejection de ce Falconidae par la voie humide aqueuse. Le nombre total de pelotes de rejection analysées est de 640 pelotes sont ramassées dans différentes stations en Algérie. Les pelotes de ce Falconidae ont été récoltées dans 7 stations qui se répartissent entre trois étages bioclimatiques. L'étage subhumide fournit un total de 443 pelotes ramassées à El Harrach, 25 pelotes à Bab Ezzouar, 29 pelotes recueillies à Dergana et 57 pelotes récoltées à Meftah. L'étage semi-aride est représenté par un milieu steppique celui d'El Mesrane avec 66 pelotes. Enfin deux milieux agricoles appartiennent à l'étage bioclimatique aride, celui de Meziraâ avec 13 pelotes et d'El Kantara avec 7 pelotes.

Chaque pelote est installée séparément dans une boîte de Pétri en présence d'un peu d'eau afin de la ramollir. A l'aide de deux pointes fines son contenu est trituré et les pièces sclérotinisées des arthropodes et les os sont récupérés et regroupés en fonction de leurs affinités systématiques dans une autre boîte de Pétri. Leur examen est fait grâce à une loupe binoculaire en vue de leur identification en se basant pour les fragments d'insectes et d'arachnides, à l'aide de clefs dichotomiques et des collections de l'insectarium de l'institut national agronomique d'El Harrach. Les restes osseux sont également reconnus grâce aux collections de référence d'oiseaux. Mais en l'absence de leurs os, la teinte des plumes et des duvets présents est prise en considération. De même pour les micromammifères en l'absence des ossements, les caractéristiques des poils sont notées après leurs montages entre lame et lamelle ce qui facilite leur détermination en utilisant l'atlas de Debrot et al. (1982).

Pour l'exploitation des résultats nous avons utilisé l'abondance relative. L'abondance relative (A.R. %) est le rapport en pourcent du nombre d'individus d'une espèce donnée au nombre total des individus toutes espèces confondues.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Le Faucon crécerelle se rabat beaucoup plus sur les proies vertébrées nuisibles que les proies invertébrées à El Harrach avec 30,1 % pour les proies vertébrées contre 17,7% pour les proies invertébrées, à Bab Ezzouar avec 35,5% de proies vertébrées contre 8,4% de proies invertébrées, à Meftah avec 55,8% contre 18,3% et à El Mesrane avec 43,2% contre 31,9%. Cependant dans les stations de Dergana, de Meziraâ et d'El Kantara ce sont les proies invertébrées qui dominent par rapport aux proies vertébrées nuisibles (Tableau 1 et Fig. 2).

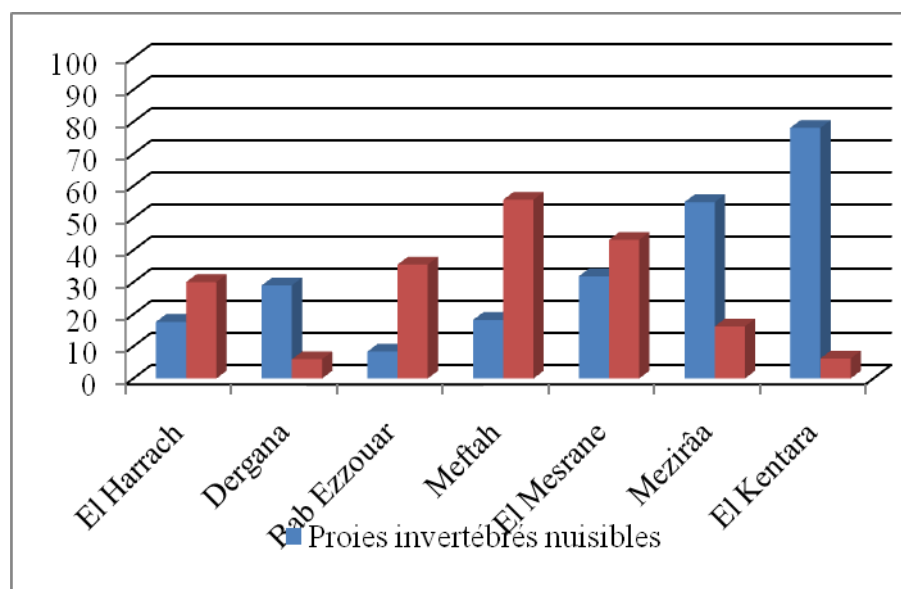


Figure 2. Pourcentage des proies invertébrées et vertébrées nuisibles consommées par le Faucon crécerelle dans quelques localités en Algérie

Dans un milieu suburbain à El Harrach, il a été recensé 24 espèces-proies nuisibles dans le régime alimentaire du Faucon crécerelle entre 1997 et 2003. Le Moineau hybride est l'espèce-proie la plus capturée par ce Falconidae avec un taux de 23,6%. Le Moineau hybride vient en tête des espèces-proies nuisibles consommées par le Faucon crécerelle à Bab Ezzouar (17,8 %) et à Meftah (22,1%). La consommation du Moineau hybride est confirmée par Quere (1990) dans un milieu urbain à Paris. En effet celui-ci note près de 32% d'oiseaux ingurgités par le Faucon crécerelle justement avec une prédominance des moineaux domestiques *Passer domesticus* et friquets *Passer montanus* soit 220 individus sur 235 oiseaux, ou 93,6% par rapport à l'ensemble des oiseaux. Là encore en Pologne Romanowski (1996) a trouvé que *Passer domesticus* est l'espèce la plus fréquente (48,2%) dans les pelotes de *Falco tinnunculus* durant la période de reproduction. Il est possible comme l'explique Quere (1990) que le moineau trop occupé par la recherche de la nourriture destinée à ses petits demeurés au nid prend davantage de risques. Il réduit son attention vis à vis d'éventuels prédateurs et devient de ce fait une proie facile pour le Faucon crécerelle. Le Moineau hybride est considéré comme le déprédateur le plus important des cultures parmi tous les oiseaux existant en Algérie. La moyenne des pertes sur blé dur est de 3,4 qtx/ha (Bellatreche, 1979). Selon Metzmacher (1981) le régime alimentaire du moineau espagnol dans la région d'Oran entre 1976 et 1977 est composé d'une partie végétale avec une fréquence variant entre 92 % pendant la période de reproduction et 98 % en dehors de celle-ci. En dehors de la période de nourrissage l'alimentation végétale est constituée principalement par des céréales et des plantes spontanées. Metzmacher (1985) a fait une étude sur l'alimentation des oisillons du moineau en Oranie. Il a trouvé que la partie végétale est composée de graines de céréales, principalement de blé. Bortoli (1969) dans le régime alimentaire des moineaux en Tunisie a enregistré une consommation de graines qui appartiennent davantage aux plantes cultivées que spontanées. La fourmi *Messor barbara* est aussi consommée par ce prédateur en période d'essaimage (3,6 %). La fourmi moissonneuse *Messor barbara* est une espèce qui attaque aux cultures céréalière. De Lepiney et Mimeur (1932) notent que le blé, l'orge et l'avoine sont des plantes recherchées par cette fourmi. De même Barech (1999) en étudiant le régime alimentaire de la fourmi *Messor barbara* dans la station d'El Harrach mentionne une abondance relative élevée pour les Poaceae variant entre 30,3 et 75,3 %. Par ailleurs dans un milieu agricole à Dergana, l'espèce *Potosia cuprea* est la mieux représentée avec 9,2 %, elle est suivie par *Calliptamus wattenwylanus* (8,3 %). Dans un milieu steppique à El Mesrane (Djelfa), il a été inventorié 25 espèces-proies nuisibles dans les pelotes de ce Falconidae. Parmi les ravageurs de cultures, la Mérie de shaw *Meriones shawii* avec 14,6 % vient en tête. *Meriones shawii* cause des dégâts considérables dans un certain nombre de cultures en Afrique du Nord, notamment celle du blé et de l'orge (Arroub, 2000). Elle peut provoquer des pertes qui atteignent 4 quintaux à l'hectare (Laamrani, 2000). En Algérie, elle est classée comme fléau agricole (Décret exécutif n° 95 – 387 du 28 novembre 1995) à cause des dégâts sur céréales qui

peuvent atteindre les 7 quintaux par hectare (Madagh, 1997). Elles est suivie par *Sturnus vulgaris* (10,8%), *Passer* sp. (9,2%) et *Rhizotrogus* sp. (6,0%). L'étourneau sansonnet (*Sturnus vulgaris*) est une espèce qui cause des dégâts importants sur l'olivier *Olea europaea europaea* en Algérie (Sefraoui, 1981; Choubane, 1984; Madagh, 1985; Berrai, 1998). Dans un milieu agricole à Mezirâa (Biskra), l'orthoptères *Schistocerca gregaria* avec 52,5 % est l'espèce-proie nuisible la plus capturée par ce Falconidae. Dans la station d'El Kentara (Biskra), l'espèce *Calliptamus* sp. (25%) vient en tête des espèces-proies nuisibles consommées par ce Falconidae. Elle suivie par *Calliptamus barbarus* avec 15,6% et *Sepidium* sp. avec 9,4%. Voisin (1992) note qu'au cours de l'hiver 1988-1989 le criquet pèlerin *Schistocerca gregaria* a été particulièrement abondant au Sénégal. Face à cette extrême abondance de nourriture potentielle plusieurs espèces ne sont pas restées indifférentes, le Faucon crécerelle est parmi ces espèces où plus de 60 individus sont observés entrains de se nourrir de criquet pèlerin (Voisin, 1992).

4. CONCLUSION

Les conclusions des études faites sur le régime alimentaire de *Falco tinnunculus* montrent l'intérêt marqué pour la protection de ce rapace et de son milieu. En Algérie cette espèce est protégée par le décret n° 83 509 du 20 août 1983 relatif aux espèces animales non domestiques protégées. La protection des rapaces et en particulier du Faucon crécerelle est indispensable sachant qu'il élimine des espèces nuisibles vis à vis des cultures. Il est possible de réhabiliter les milieux de vie de ce rapace par l'installation de perchoirs et de nichoirs semi-cylindriques, faisant partie des meilleurs moyens pour sa protection. A ces dispositifs il faut associer la réduction de la pollution atmosphérique due aux pesticides visant à sauvegarder l'équilibre bioécologique des milieux naturels.

Tableau 1. Abondances relatives (%) des espèces nuisibles en milieu agricole et consommées par *Falco tinnunculus* dans quelques stations en Algérie

Espèces nuisibles, proies	ElHarrach (1997-2003)	Dergana (1999)	Bab Ezzouar (2004)	Meftah (2006)	El Mes. (2006)	Mezirâa (2004)	El ent.(2004)
Isopoda sp. ind.	0,05	-	-	-	-	-	-
Iulus sp.	0,03	-	-	-	-	-	-
Iulus equinoetioli	0,03	-	-	-	-	-	-
Polydesmus sp.	1,70	2,30	-	-	-	-	-
Gryllus sp.	-	-	-	-	-	-	-
Gryllus bimaculatus	3,40	5,07	0,93	17,31	-	-	-
Tettigonia albifrons	-	-	0,93	-	-	-	-
Decticus albifrons	-	-	1,87	-	-	-	-
Platycleis sp.	-	-	1,87	0,96	-	-	-
Gryllotalpa gryllotalpa	-	-	0,93	-	-	-	-
Acrididae sp. ind.	0,43	-	-	-	2,16	-	3,13
Heteracris sp.	-	-	-	-	-	-	6,25
Oedipoda miniata	-	-	-	-	0,54	-	-
Calliptamus sp.	0,97	3,23	0,93	-	-	-	25,00
Calliptamus barbarus	0,40	-	-	-	-	-	15,63
Calliptamus wattenwylanus	1,39	8,29	-	-	-	-	-
Schistocerca gregaria	-	-	-	-	-	52,50	-
Truxalis nasuta	-	-	-	-	-	1,25	-
Cicadetta montana	0,07	-	-	-	-	-	-
Rhizotrogus sp.	0,30	-	-	-	5,95	1,25	-
Potosia cuprea	2,10	9,22	-	-	-	-	-
Cetonia sp.	0,30	0,92	-	-	-	-	-
Cetonia aurata funeraria	0,62	-	-	-	-	-	-
Aethiassp.	1,71	-	-	-	-	-	-
Aethiassa floralis barbara	0,32	-	-	-	-	-	-
Sphenoptera rauca	-	-	-	-	0,54	-	-
Pimelia sp.	0,11	-	-	-	3,78	-	-
Erodium sp.	-	-	-	-	1,62	-	-
Crypticus sp.	-	-	-	-	0,54	-	-
Chalcophora mariana	0,05	-	-	-	-	-	-
Larinus sp.	-	-	0,93	-	2,16	-	-
Otiorynchus sp.	0,09	-	-	-	-	-	-
Plagiographus excoriatus	-	-	-	-	1,62	-	6,25
Bothynoderes sp.	-	-	-	-	-	-	3,13
Cyphocleonus morbilosus	-	-	-	-	0,54	-	-
Brachycerus sp.	-	-	-	-	0,54	-	-
Sepidium sp.	-	-	-	-	0,54	-	9,38
Sepidium variegatum	0,05	-	-	-	-	-	-

<i>Leucosomus</i> sp.	-	-	-	-	4,32	-	6,25
Noctuidae sp. ind.	-	-	-	-	1,62	-	3,13
<i>Messor</i> sp.	-	-	-	-	5,41	-	-
<i>Messor barbara</i>	3,55	-	-	-	-	-	-
Totaux invertébrés nuisibles	17,67	29,03	8,39	18,27	31,88	55,00	78,15
Passeriforme sp. ind.	0,20	-	-	-	2,70	7,50	-
<i>Streptopelia</i> sp.	0,09	-	-	0,96	1,08	-	-
<i>Streptopelia senegalensis</i>	0,06	-	-	-	-	-	-
<i>Columba</i> sp.	-	-	-	-	0,54	-	-
<i>Columba livia</i>	0,05	-	-	8,65	-	-	-
<i>Sturnus vulgaris</i>	0,49	-	-	5,77	10,81	-	-
<i>Pycnonotus barbatus</i>	0,26	-	-	-	-	-	-
<i>Carduelis chloris</i>	1,12	-	-	1,92	-	-	-
<i>Serinus serinus</i>	1,19	-	-	1,92	-	-	-
<i>Passer</i> sp.	-	-	-	-	9,19	-	-
<i>P. dom.</i> x <i>P. hisp.</i>	23,62	5,53	17,76	22,12	-	-	-
<i>Gerbillus</i> sp.	-	-	-	-	2,70	5,00	-
<i>Gerbillus tarabuli</i>	-	-	-	-	1,08	-	-
<i>Meriones shawi</i>	-	-	-	-	14,59	-	-
<i>Lemniscomys barbarus</i>	0,08	-	-	-	-	-	-
<i>Mus</i> sp.	0,68	-	12,15	-	0,54	2,50	6,25
<i>Mus musculus</i>	0,29	-	-	-	-	-	-
<i>Mus spretus</i>	1,68	0,46	5,61	10,58	-	1,25	-
<i>Rattus</i> sp.	0,05	-	-	0,96	-	-	-
<i>Rattus norvegicus</i>	0,20	-	-	-	-	-	-
<i>Apodemus sylvaticus</i>	-	-	-	2,88	-	-	-
Totaux vertébrés nuisibles	30,08	5,99	35,52	55,76	43,23	16,25	6,25
Totaux espèces nuisibles	47,76	35,02	43,91	74,03	75,11	71,25	84,40
Taux autres espèces	52,24	64,98	56,09	25,97	24,89	28,75	15,60
Totaux	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

- : Absence de l'espèce, *P. dom.* x *P. hisp.* : *Passer domesticus* x *P. hispaniolensis*, *Oedipoda caerul. sulf.* : *Oedipoda caerulescens sulfurescens*, El Mes. : El Mesrane, El Kent. : El Kentara.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Arroub EH. (2000). Lutte contre les rongeurs nuisibles au Maroc. Séminaire national sur la surveillance et la lutte contre les rongeurs, 7 et 8 Juin 2000, Ministère de la santé, Direction de l'épidémiologique et la lutte contre les maladies, Marrakech : 62-69.
- Barech G. (1999). Régime alimentaire des Formicidae en milieu agricole suburbain près d'El Harrach. Mémoire Ing. agro., Inst. nati. agro., El Harrach, 251 p.
- Baziz B, Souttou K, Doumandji S, Denys C. (2001). Quelques aspects sur le régime alimentaire du Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* (Aves, Falconidae) en Algérie. *Alauda*, 69, (3), 413-418.
- Bellatreche M. (1979). Contribution à l'étude des moineaux : *Passer domesticus* Linné, *Passer hispaniolensis* Temminck, leurs hybrides et leurs dégâts dans la Mitidja. Thèse Ingénieur, Inst. nati. agro., El Harrach, 85 p.
- Bergier P. (1987). Les rapaces diurnes du Maroc, statut, reproduction et écologie. *Ann. CEEP*, (3) : 160 p.
- Berrai H. (1998). Bioécologie de l'avifaune de quelques oliveraies de la région de Béjaia et estimation des dégâts dus à l'Étourneau sansonnet *Sturnus vulgaris* Linné, 1758 (Aves, Sturnidae). Thèse Ingénieur, Inst. nati. agro., El Harrach, 225 p.
- Bortoli I. (1969). Contribution à l'étude du problème des oiseaux granivores en Tunisie, *Bull. Fac. agro.*, Tunis, (22-23) : 1-145.
- Carrillo J, Hernandez EC, Nogales M, Delgado G, Garcia R, Amos T. (1994). Geographic variation in the spring diet of *Falco tinnunculus* L. on the islands of Fuerteventura and El-Hierro (Canary Islands). *Bonn. Zool. Beitr.*, 45 (1) : 39-48.
- Choubane D. (1984). Etude préliminaire de la bioécologie de l'étourneau sansonnet (*Sturnus vulgaris* L.) hivernant en Algérie. Importance économique et migration. Thèse Ingénieur, Inst. nati. agro., El Harrach, 87 p.
- De Lepiney J, Mimeur JM. (1932). Notes d'entomologie agricole et forestière du Maroc. *Mémoire Soc. sci. natu. Maroc*, (31) : 1-159.
- Debrot S, Fivaz G, Mermod C, Weber JM. (1982). Atlas des poils de mammifères d'Europe. Ed. Publications Inst. zool., Univ. Neuchâtel, 208 p.

- Fattorini S, Manganaro A, Piattella E, Salvati L. (1999). Role of the beetles in raptor diets from a Mediterranean urban area. *Fragm. Entomol.*, 31, 57–69.
- Hamidi F., Saidi N. (1993). Caryologie et Morphologie des populations graminéennes de Bab Ezzouar. Mémoire D.E.S. Biol. physiol. vég., Inst. Sci. natu., Univ. Sci. Techn. Houari Boumediene, Bab-Ezzouar, 129 p.
- Korpimäki E. (1985). Prey choice strategies of the kestrel *Falco tinnunculus* in relation to available small mammals and other Finnish birds of prey. *Ann. Zool. Fennici*, 22, 91–104.
- Laamrani I. (2000). Programme de lutte contre les leishmanioses. Séminaire national sur la surveillance et la lutte contre les rongeurs, 7 et 8 Juin 2000, Ministère de la santé, Direction de l'épidémiologie et la lutte contre les maladies, Marrakech : 15–23.
- Madagh M. (1985). Estimation des dégâts dans une oliveraie dus à l'étourneau, *Sturnus vulgaris* L. (Passériformes, Sturnidae) dans la région de Cap Djinet (W. de Boumerdes). Thèse Ingénieur, Inst. nat. agro., El Harrach, 63 p.
- Madagh A. (1997). Mériome de Shaw *Meriones shawii* dégâts et lutte. 2^{ème} Journée prot. vég., 15 - 17 mars 1997, Dép. Zool. agri. for., Inst. nat. agro, El Harrach, p. 54.
- Metzmacher M. (1981). Note sur le régime alimentaire des moineaux espagnols *Passer - hispaniolensis* Temm. en Oranie (Algérie). *Cahier d'Ethologie appliquée*, 2, 169 – 174.
- Metzmacher M. (1985). Stratégie adaptative des oiseaux granivores dans une zone semi-aride. Le cas des moineaux domestiques *Passer domesticus* L. et des moineaux espagnols *Passerhispaniolensis* Temm. Thèse Doctorat es-sci. zool., Univ. Liège, 220 p.
- Quere P. (1990). Approche du régime alimentaire du Faucon crécerelle (*Falco tinnunculus* L., 1758) en milieu urbain (Paris) et durant la période de reproduction. *Le Passer*, 27 (1-2), 92–107.
- Romanowski J. (1996). On the diet of urban kestrels (*Falco tinnunculus*) in Warsaw. *Buteo*, 8, 123–130.
- Roulin A. (1996). Alimentation hivernale de la chouette effraie (*Tyto alba*), du hibou moyen-duc (*Asio otus*), du busard Saint-Martin (*Circus cyaneus*) et du faucon crécerelle (*Falco tinnunculus*). *Bull. Soc. Vaud. sc. natu.*, 84 (1), 19–32.
- Salvati L, Manganaro A, Fattorini S, Piattella E. (1999). Population features of kestrels *Falco tinnunculus* in urban, suburban and rural areas in central Italy. *Acta Ornithol.*, 34, 53–58.
- Sefraoui M. (1981). Etude de quelques aspects de la biologie des principales espèces d'oiseaux nuisibles aux cultures dans la Mitidja. Thèse Ingénieur, Inst. nat. agro., El-Harrach, 74 p., 1981
- Souttou K, Baziz B, Brahimi R, Doumandji S, Denys C. (2004). Place des insectes dans le régime alimentaire du Faucon crécerelle en milieu suburbain à El Harrach. *L'Entomologiste*, 60 (4), 229–235.
- Souttou K, Baziz B, Doumandji S, Denys C, Brahimi R. (2006). Analysis of pellets from a suburban Common Kestrel *Falco tinnunculus* nest in El harrach, Algiers, Algeria. *Ostrich*, 77 (3-4), 175–178.
- Souttou K, Baziz B, Doumandji S, Denys C, Brahimi R. (2007). Prey selection in the Common Kestrel, *Falco tinnunculus* (Aves, Falconidae) in the Algiers suburbs (Algeria). *Folia Zoologica*, 56 (4), 405–415.
- Souttou K, Baziz B, Denys C, Brahimi R, Doumandji S. (2008). Variation temporelles du régime alimentaire du Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* dans un milieu suburbain à El Harrach (Alger, Algérie). *Alauda*, 76 (2), 147–155.
- Thiollay JM. (1963). Notes sur le régime alimentaire du Faucon crécerelle *Falco tinnunculus* en hiver. *Nos oiseaux*, (27), 71–73.
- Thiollay JM. (1968). Le régime alimentaire de nos rapaces : quelques analyses Françaises. *Nos Oiseaux*, 29 (319), 249–266.
- Valkama J, Korpimäki E, Tolonen P. (1995). Habitat utilization, diet and reproductive success in the Kestrel in a temporally and spatially heterogeneous environment. *Ornis. Fenn.*, 72, 49–61.
- Van Zyl AJ. (1994). A comparison of the diet of the Common kestrel *Falco tinnunculus* in South Africa and Europe. *Bird study*, 41, 124–130.
- Village A. (1990). *The kestrel*. Ed. T. et A.D. Poyser, London, 352 p.
- Voisin C. 1992). Comportement des oiseaux face à la pullulation de *Schistocerca gregaria* au Sénégal (hiver 1988-1989). *L'oiseau et R. F. O.*, 62 (4), 348–351.
- Yalden DW, Warburton AB. (1979). The diet of the kestrel in the lake district. *Bird study*, 26, 163–170.

Effets de l'acide Gibbéréllique sur la croissance et les activités amylasiques des grains d'orge germés en présence de stress cadmique

Amri Bédís*, Chaoui Ali, Houda Gouia, Leila Bettaieb- Ben Kaâb

Laboratoire de recherche « Nutrition et Métabolisme Azotés et Protéines de stress » unité 99 UR/09-20, Faculté des sciences de Tunis, Tunisie.

*Auteur correspondant : Adresses e-mail : bedisamri@gmail.com (A. Bédís), aghouda@yahoo.fr (H. Gouia), leila.bk@planet.tn (L. Bettaieb- Ben Kaâb).

RESUME

Les sources de contamination par les métaux lourds (comme le cadmium, le molybdène, plomb, zinc ...) sont très nombreuses en raison de la demande d'augmentation des produits industriels et agricoles. L'exposition des plantes à ces métaux peut entraîner des effets néfastes sur la croissance et sur les activités métaboliques et enzymatiques au cours de la germination. Le présent travail a été entrepris pour étudier les effets de l'acide gibbéréllique (GA₃), appliqué dans le milieu de germination à des doses de 0,1 µM ou 0,3 µM et en présence de cadmium 150 µM (Cd), sur le processus de la germination et de la mobilisation des réserves organiques et minérales en suivant l'évolution des activités hydrolytiques α-amylase et β-amylase dans l'albumen des grains d'orge germés pendant 24, 48 et 72h sous stress cadmique. Les résultats obtenus ont montré que le stress généré par la présence de cadmium dans le milieu entraîne des effets néfastes sur la germination : il a causé une réduction de la croissance, une accumulation des teneurs en protéines solubles au niveau des racines, une réduction de la teneur en sucres solubles au niveau de l'endosperme induit par l'inhibition de la dégradation de l'amidon ainsi qu'un ralentissement du processus de mobilisation de réserve en inhibant les enzymes hydrolytiques α- et β-amylases.

Mots clés: Cadmium, Gibberellic Acid (GA₃), α-amylase et β-amylase, germination.

SUMMARY

Sources of contamination by heavy metals (such as cadmium, molybdenum, lead, zinc ...) are very numerous because of the increase demand for industrial and agricultural products. Exposure of plants to these metals may cause harmful effects on metabolic growth and enzymatic activities during germination, the first interaction of seedling with contaminate soil. The present work was undertaken to study the effects of Gibberellic Acid (GA₃) applied in the germination medium at doses of 0,1 µM or 0,3 µM in the presence of 150 µM cadmium (Cd) on the process of germination growth, soluble protein content and mobilization of organic and mineral reserves (which are the major source of nutrients during early post-germinative growth) by following the evolution of the hydrolytic activities α-amylase and β-amylase in the endosperm of barely grain under cadmium stress for 24, 48 and 72 h. The present work showed that the stress generated by the presence of Cd in the middle had harmful effects on germination, it caused reduction of growth (expressed in mg of dry matter), an accumulation of soluble protein contents and it slowed down the process of reserve mobilization by inhibiting hydrolytic enzymes α- and β-amylases and a reduction of soluble sugar contents induced by the inhibition of starch degradation.

Key words: Cadmium, Gibberellic Acid (GA₃), α- and β-amylases, germination.

1. INTRODUCTION

La germination est définie comme étant le phénomène qui caractérise le passage d'une graine d'un état de vie ralentie à un état de vie active (Marouf 2000). D'une manière générale, la germination commence par la prise d'eau par la graine, se poursuit par des transformations physiologiques telles que le développement du germe et la production d'enzymes et finit par l'élongation de l'axe embryonnaire et le piquage du grain (Hajlaoui et al, 2007). Nombreuses sont les contraintes environnementales qui peuvent compromettre l'aptitude des graines à germer ; salinité, stress hydrique, humidité et température inadéquates (Mihoub et al, 2005). Actuellement les travaux qui ont étudié l'impact du stress par les métaux lourds sur la germination ont été le centre d'intérêt de plusieurs recherches, ainsi il est bien connu que les différentes plantes se comportent de façon très sélective avec les éléments dans leur environnement et la dose seuil de tout métal lourd peut varier selon l'espèce de plante et le type du métal lourd (Kiran et Sahin, 2006).

Les expériences présentées dans le présent travail s'inscrivent dans le cadre d'étudier les conséquences biochimiques et physiologiques résultant de la présence du cadmium dans le milieu de germination de l'orge. On s'intéresse aussi dans ce travail à l'effet d'une hormone végétale (acide gibbérélique) sur les grains d'orge imbibés par une solution de cadmium pour mieux maîtriser leurs actions et pour atténuer leurs effets sur certains aspects physiologiques et métaboliques au cours du stade germinatif.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Matériel végétal et conditions de germination

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est l'orge, (*Hordeum vulgare* L.). La variété d'orge utilisée est la variété Manel qui est largement adaptée dans les systèmes de production céréalières en Tunisie. Après une imbibition des grains d'orge pendant 12 h dans les solutions de GA₃ (0.1µM et 0.3µM), les grains sont par la suite mis dans l'azote liquide pendant 5 minutes (afin de lever la dormance embryonnaire). Une désinfection de ces semences avec de l'eau de Javel à 4° chlorométrique suivie d'un rinçage abondant à l'eau distillée est ensuite réalisée avant de les placer dans des boîtes de Pétri. Une fois désinfectés, les grains sont placés par lots de 30 grains dans des boîtes de pétri tapissées par deux couches de papier filtre humectées d'eau distillée et additionnée de CdCl₂ seul à une dose de 150µM. Les boîtes sont enfin mises à l'obscurité à une température de 25°C. Les racines et les endospermes correspondant aux 24h, 48h et 72h après la germination seront découpées et stockées à -80°C pour l'étude des activités enzymatiques.

2.2. Dosage des sucres solubles

Les sucres solubles sont dosés selon la méthode de Burnett (1960), basée sur l'anthrone dilué dans l'acide sulfurique comme réactif. La matière végétale est préalablement broyée, séchée à l'étuve pendant 24h, à 70°C et pesée avec précision. L'extraction des sucres solubles se fait après macération du la matière végétale dans de l'éthanol à 80 %.

2.3. Dosage des protéines solubles

La méthode utilisée est celle de Bradford (1976) qui est une méthode colorimétrique, basé sur le changement d'absorbance (la mesure se fait à 595 nm) et se manifestant par le changement de couleur du bleu de Coomassie après liaison (complexation) avec les acides aminés aromatiques (tryptophane, tyrosine et phénylalanine) et les résidus hydrophobes des acides aminés présents dans les protéines.

2.4. Mesure des activités α- et β-Amylase

L'α-amylase catalyse l'hydrolyse des liaisons (1-4) glucosidiques établies entre les unités d'oses constituant l'amidon, provoquant la libération du glucose et des fragments plus ou moins importants de chaîne d'amidon (dextrines), alors que La -β amylase est une amylase qui attaque aussi les liaisons alpha 1-4 en partant de l'extrémité de la chaîne non réductrice et libère du maltose et dextrines. Ces sucres réducteurs sont dosés par la méthode colorimétrique à l'acide 3-5 dinitrosalicylique (DNS).

2.5. Analyse statistique

Les moyennes sont déterminées sur trois répétitions individuelles. Les intervalles de sécurité (IS) ont été calculés au seuil de 5% selon la formule :

$$IS = (t \times \sigma) / \sqrt{n}$$

n : nombre d'échantillon

t : valeur de variabilité dans le tableau de Student pour un degré de liberté égale à n-1.

σ : Écart type

La représentation graphique des courbes est assurée à l'aide des logiciels Excel de Microsoft.

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Taux de germination

La cinétique de germination des grains d'orge, exprimée en pourcentage des nombres totaux des germinations témoins et traités, est présentée dans la figure 1. Le Cd provoque une importante diminution du pouvoir germinatif, ce qui prouve l'effet toxique de Cd appliqué à forte dose dans le

milieu (Figure 1). On note ainsi un ralentissement du pouvoir germinatif à partir de 4h de germination après un traitement des grains par le Cd.

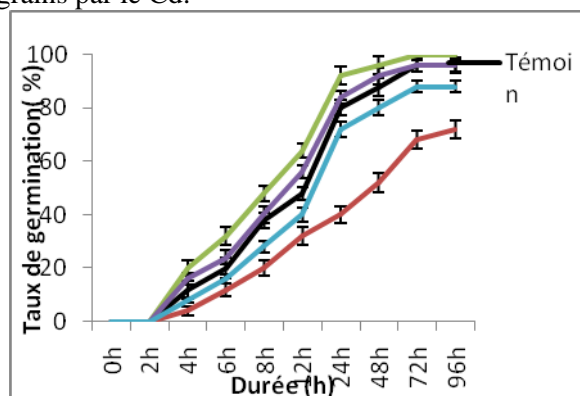


Figure 1. Evolution, au cours du temps, du taux de germination des grains d'orge traités par une concentration de 150µM de Cd et en présence de GA3 dans le milieu de germination.

Les résultats trouvés par Mihoub et al, (2005) ont montré une diminution significative du pouvoir germinatif des graines de petit pois traitées par le cadmium dès les premières 24 h de traitement ce qui explique qu'une forte proportion du métal Cd s'accumule dès le premier jour après le début de l'imbibition.

L'addition de GA₃ dans le milieu de germination corrige l'effet dépressif de Cd en fonction de la durée de traitement, l'effet de GA₃ sur le processus de germination est plus significatif à une dose de 0,3µM (Figure 2).

3.2. Croissance pondérale

En absence de stress cadmique dans le milieu de germination, on note une augmentation de la production de matière sèche des racicules en fonction du temps qui atteint une valeur finale à 72h. La production de la matière sèche chez les racicules montre une diminution importante en fonction de la dose et de la durée de traitement, qui semble plus prononcée à 72h.

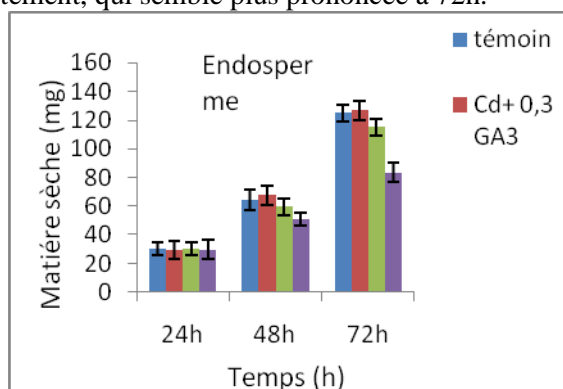


Figure 2. Evolution, au cours du temps, de la croissance pondérale des racicules des grains d'orge soumis pendant la germination à un traitement par le Cd à une dose de 150µM et en présence de GA3.

L'addition de GA₃ dans le milieu à une dose de 0.3µM entraîne une légère augmentation de la production de la matière sèche par rapport au témoin décelée à partir de 48h, en contre partie la faible concentration de GA₃ (0.1µM) entraîne une augmentation de la production en matière sèche par rapport aux grains traités par le Cd, cependant la croissance reste inférieure à celle du témoin en fonction du temps.

3.3. Sucres solubles

En absence de stress cadmique, les teneurs en sucres solubles dans l'endosperme augmentent en fonction de la durée de germination pour atteindre une teneur maximale à 72h (Figure 3), cette augmentation au cours du temps est due à une dégradation des macromolécules en sucres réducteurs lors du processus de germination. Le traitement des grains par le Cd ralentit la dégradation de ces réserves en sucres réducteurs, cet effet dépressif de ce métal paraît plus prononcé à partir de 48 h de

germination. L'addition de GA₃ corrige l'effet inhibiteur du Cd et donc facilite la mobilisation des réserves aux profits de la future plante, on note ainsi une augmentation légère de la teneur en sucres solubles au cours du temps mais à un niveau qui reste inférieur ou égale au témoin. L'effet de GA₃, additionnée à forte dose, est plus prononcé que celui de GA₃ additionné à faible dose surtout à 24h de germination par rapport au témoin (figure 3).

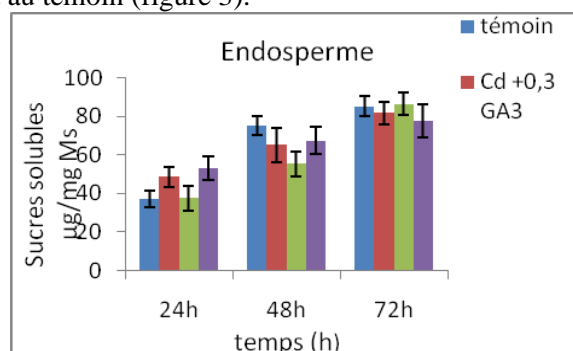


Figure 3. Variation de la teneur en sucres solubles dans les endospermes des grains d'orge soumis pendant la germination à un traitement par le Cd à une dose de 150µM et en présence de GA3.

3.4. Protéines solubles

Les teneurs en protéines solubles chez le témoin subissent une diminution en passant de 24h à 72h de germination (Figure 4). Ceci peut laisser penser que les réserves commencent à s'épuiser au cours de la durée de germination. En contrepartie, ces teneurs subissent une légère augmentation au niveau des radicules (Figure 5), donc on peut supposer que la baisse des teneurs en protéines solubles au niveau de l'endosperme au cours du temps est due à leur dégradation pendant les premiers stades de germination, ces réserves sont épuisées au profit de la future plante.

L'application de forte dose de Cd dans le milieu de germination entraîne une baisse des teneurs en protéines solubles par rapport au témoin au niveau des radicules (Figure 5), et une augmentation de ces teneurs dans les endospermes (Figure 4) surtout à 72h de germination, donc les longues durées de traitement cadmique entraînent une accumulation des niveaux des protéines solubles par rapport au témoin.

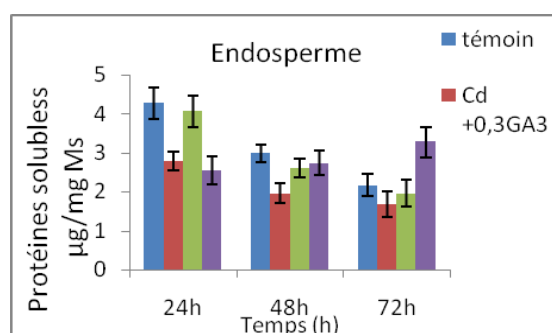


Figure 4. Variation de la teneur en protéines solubles dans les endospermes des grains d'orge soumis pendant la germination à un traitement par le Cd à une dose de 150µM et en présence de GA3.

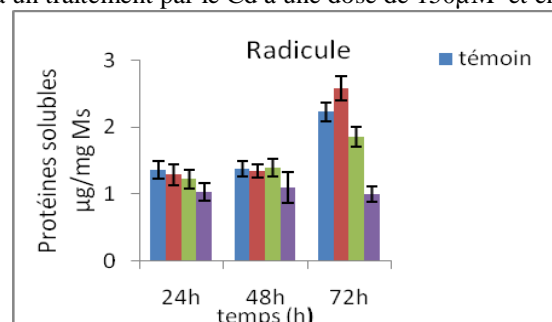


Figure 5. Variation de la teneur en protéines solubles dans les radicules des grains d'orge soumis pendant la germination à un traitement par le Cd à une dose de 150µM et en présence de GA3.

Ceci peut être la conséquence d'une diminution des activités protéasiques au niveau du grain et en particulier au niveau de l'endosperme qui engendre une accumulation des protéines (Mihoub, 2005). En effet, l'analyse protéomique menée par Gianazza et al. (2007) sur les graines de lupin en germination et en présence de cuivre a montré la présence d'un taux considérable de protéines de réserves non modifiées ou faiblement modifiées dans la graine en germination. Dans ce même contexte, Shah et Dubey, (1998) ont montré que les fortes doses de Cd (100 à 500 μM) entraînent une forte diminution de l'activité protéolytique aussi bien dans les axes embryonnaires que les endospermes des grains de riz en germination. L'addition de GA_3 dans le milieu de germination entraîne une diminution des teneurs en protéines solubles au niveau de l'endosperme et une augmentation de ces teneurs au niveau des radicules par rapport au témoin donc le GA_3 inhibe l'effet dépressif de ce métal et accélère la dégradation des réserves protéiques au cours de la germination, l'effet stimulateur de GA_3 semble plus significatif à une dose de 0.3 μM (figures 4 et 5).

3.5. Activités α - et β -amylases

En suivant les activités hydrolytiques α - et β -amylases durant le processus de la germination, on note que les teneurs de ces deux enzymes croissent en passant de 24 à 72 h de germination chez le témoin (Figures 6 et 7) et selon les résultats obtenus on remarque que les niveaux de contrôle de l'activité α amylase sont plus élevés que ceux de l'isoforme β amylase. L'exposition des grains au Cd ralentit l'activité amylasique au cours de la germination. Ce résultat nous laisse confirmer que les teneurs en protéines et en sucres solubles sont fortement dépendantes de l'activité α et β amylase, ainsi l'application de stress cadmique dans le milieu germinatif entraîne une diminution de ces activités au niveau de l'endosperme suivie par une diminution des teneurs en sucres solubles et une augmentation des teneurs en protéines solubles au niveau de l'endosperme, donc le Cd appliqué à forte dose inhibe le processus de mobilisation de réserves par l'inhibition des enzymes hydrolytiques impliquées dans la dégradation de ces réserves. L'effet dépressif de ce métal lourd peut être corrigé par l'addition de GA_3 à forte dose (0.3 μM) dans le milieu de germination à un niveau supérieur à celui de témoin surtout à 72 h de germination (figures 6 et 7), l'addition de GA_3 à faible concentration 0.1 μM entraîne une augmentation de l'activité α et β amylase par rapport aux grains traités seulement par le Cd mais à un niveau inférieur au témoin (Figures 6 et 7).

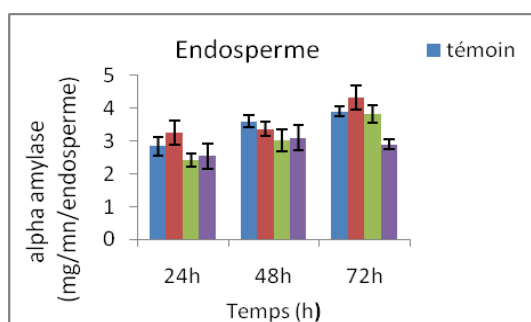


Figure 6. Activités α amylases des grains d'orge au cours de la germination après imbibition avec H_2O (témoin) ou avec du Cd (150 μM) et en présence de GA_3 .

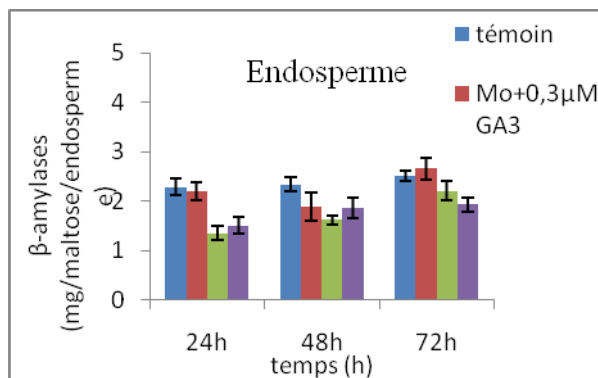


Figure 7. Activités β amylases des grains d'orge au cours de la germination après imbibition avec H_2O (témoin) ou avec du Cd (150 μM) et en présence de GA_3 .

4. CONCLUSION

En terme de conclusion, le Cd appliqué à forte concentration dans le milieu germinatif ralentit le processus de dégradation des réserves lors de la germination par le blocage de la synthèse des enzymes amylasiques. L'acide gibbérellique additionné diffuse dans les cellules d'aleurone et y stimule la synthèse d'enzymes hydrolytiques. Parmi ces enzymes on note l' α - et la β -amylase, ces enzymes digèrent les réserves alimentaires de l'albumen amylacé, ces matières de réserves sont absorbées par le scutellum sous forme de sucres, acides aminées et acides nucléiques indispensables à la croissance (Hopkins et Evrard, 2003).

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Bradford K.J. (1976). A rapid and sensitive method for the quantities of protein utilising the principe of protein-dye linding-analytical. *Biochemistry*, **72**, 248-245
- Gianazza E, Wait R, Sozzi A, Regondi S, Saco D, Labra M, Agradi E. (2007). Growth and protein profile changes in lepidium sativum L. plantles exposed to cadmium. *Environ & Exp Bot*, **59**, 179-187.
- Hajlaoui H, Denden M, Bouslama M. (2007). Etude de la variabilité intraspécifique de tolérance au stress salin du pois chiche (*Cicer arietinum* L.) au stade germination, **25**, 168-173
- Hopkin W.G, Evrard C.M. (2003). *Physiologie végétale* chapitre 17 : Les mécanismes de l'action hormonale et chapitre 16 : le rôle des hormones dans le développement d'une plante. Bruxelles : De Boeck, ©2003, 320-324.
- Kiran Y, Sahin A. (2006). The effects of cadmium on seed germination, root developement, and mitotic of root typ celles of lentil (*Lens Culinaris Medik*), **2**, 196-200.
- Marouf A. (2000). *Dictionnaire de botanique : les phanérogames*. Masson sciences.
- Mihoub A., Chaoui A, El Ferjani E. (2005). Changements biochimiques induits par le cadmium et le cuivre au cours de la germination des graines de petit pois (*Pisum Sativum* L.). *C. R. Biol.* **328(1)**, 33-41.
- Shah K, Dubey R.S. (1998). Cadmium elevates level of protein, amino acides and alters activity of proteolytic enzymes in germinating rice seeds. *Acta Physiol, Planta*, **20 (2)**, 189-196.

Etude préliminaire sur l'effet de la biofumigation à base d'une crucifère (*Raphanus raphanistrum*) sur la dynamique des communautés pédofauniques

Djazouli Zahr-Eddine¹, Fehit Dalila¹ et Ziouche Sihem²

¹Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Agro-Vétérinaires et Biologiques, Université SAAD DAHLEB, B.P. 270, route de Soumaa, Blida, Algérie, Email : zahr2002@yahoo.fr

²Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, 12, Avenue Colonel Amirouche. Alger, Algérie
Email : sihem_ziouche@yahoo.fr.

RESUME

Les produits phytosanitaires utilisés en désinfection des sols doivent atteindre les nuisibles dans toutes les niches physiques et biologiques du sol. Ainsi, ces produits entraînent souvent une réduction importante des bioagresseurs, mais aussi d'une grande partie de la diversité pédofaunique. L'objectif principal de ce travail porte un intérêt particulier à la biofumigation en tant que moyen de lutte alternative à la lutte chimique. Pour cela, nous avons procédé à l'évaluation de l'effet de la biofumigation à base de *Raphanus raphanistrum* (Brassicacées) sur la pédofaune d'une jachère comparé à un traitement chimique (Téfluthrine 1,5%). Les résultats montrent que le traitement biologique a présenté un effet répressif sur l'abondance des populations des nématodes phytophage par contre pour les acariens et les collembolés l'effet semble marginal. L'application du produit chimique a enregistré un effet toxique noté par une diminution de l'abondance des populations de la mésofaune et de la microfaune du sol. Les mêmes résultats estiment que durant la période d'investigation, le Téfluthrine reste le plus toxique et le moins sélectif par rapport à la poudre végétale de *Raphanus raphanistrum*.

Mots clé : abondance, acariens, biofumigation, collembolés, crucifères, *Raphanus raphanistrum*.

SUMMARY

The plant health used in disinfection of the grounds must reach the disease-causing agents in all the physical and biological niches of the ground. Thus, these products often involve an important reduction of the disease-causing agents, but also of all the remainder of the microflora/microfauna. So the interest for the methods known as alternative of plant health protection is recommended. What resulted in seeking new methods of fight whose solarization and biofumigation containing the crucifere and mainly Brassicaceae. The main aim of the work being the search for parameters being able to be used for the use of the biofumigation that average of fight. For that, we carried out the evaluation of the effect of the biofumigation containing *Raphanus raphanistrum* on the pedofauna compared with a chemical treatment Téfluthrine 1,5%. The biological treatment presented a repressive effect on the abundance of the populations of the nematodes on the other hand for the Acarina and the Collembola. The application of the chemicals recorded a toxic effect noted with by a reduction of the abundance of the population of the mesofauna and microfauna of the ground. The results of the study showed that during one month, Téfluthrine 1,5%. Remains most toxic and the least selective compared to the vegetable powder *Raphanus raphanistrum*.

Keywords: abundance, acarina, biofumigation, brassicaceae, collembola, *Raphanus raphanistrum*.

1. INTRODUCTION

Le sol est une ressource fondamentale pour la production agricole, et représente un des réservoirs les plus importants de biodiversité; en effet, la diversité biologique des sols correspond plusieurs fois à celle observée au-dessus de la surface du sol (Heywood et Baste, 1995). Par ailleurs, au-delà de cet aspect quantitatif, il est maintenant reconnu que les organismes du sol jouent des rôles fondamentaux dans le fonctionnement des écosystèmes (Lavelle et Spain, 2001).

Les produits phytosanitaires utilisés en désinfection des sols ont conduit à l'installation de désordres écologiques ce qui met en évidence l'intérêt d'une réflexion sur des approches alternatives ou complémentaires pour le développement durable de l'agriculture. De ce fait, l'intérêt pour les méthodes dites alternatives de protection phytosanitaire est recommandé. Ce qui a conduit à rechercher de nouvelles méthodes de lutte dont la solarisation et la biofumigation à base des crucifères et principalement les Brassicacées (Motisi *et al.*, 2010).

L'objectif principal de ce travail étant la recherche de paramètres pouvant servir à l'utilisation de la biofumigation en tant que moyen de lutte. Pour cela, nous avons procédé à l'évaluation de l'effet de la biofumigation à base de *Raphanus raphanistrum* sur la pédofaune comparé à un traitement chimique (Téfluthrine 1,5%).

Dans ce contexte on a essayé de répondre à certaines questions hypothèses : Quel serait l'impact des applications de la biofumigation sur la faune nuisible et la faune utile ? Quel serait l'impact des applications du produit chimique à base de Téfluthrine sur la faune nuisible et utile ? Quel serait l'impact de la solarisation sur la pédofaune du sol et quel est l'effet de la combinaison de la solarisation et la biofumigation ? Comment réagissent les différentes espèces vis-à-vis de la biofumigation, la solarisation et le produit chimique ?

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Présentation du site d'étude et conditions expérimentales

L'étude a été réalisée dans la région de Blida. Elle est située au piémont de l'Atlas Blidien, à 7 Km de la ville de Blida, à une altitude de 80 à 100 m, une longitude de 2°45'E et une latitude de 36°35'N (Loucif et Bonafonte, 1977). Les principaux paramètres climatiques synthétisés d'après l'Agence National des Ressources Hydrauliques de Soumâa indiquent que les mois les plus froids sont janvier et février avec des températures moyennes minimales respectives de 4,49 °C et 4,48 °C, et une température moyenne maximale de 20,31 °C et 22,56 °C, tandis que les mois les plus chauds sont juillet et août avec des températures moyennes maximales respectives de 37,2°C et 37,00°C et de 20,54°C suivie de 22,01 °C comme températures moyennes minimales. Le diagramme Ombrothermique établie pour la période (1995 à 2012) se caractérise par deux périodes fondamentales: l'une humide de sept mois s'étalant de janvier à avril puis de octobre à décembre, l'autre sèche d'un intervalle de cinq mois de mai à septembre.

Les essais de la présente étude ont été réalisés dans une parcelle menée en jachère au niveau de la station expérimentale de la faculté des Sciences Agro-Vétérinaires et Biologiques de l'Université de Blida durant la période qui s'étale entre le 28/04/2012 et le 28/05/2012.

2.2. Récolte et conservation du matériel végétal

Le matériel végétal utilisé dans cette étude est une Crucifère spontanée *Sinapis arvensis*. La plante a été récoltée au stade floraison, durant le mois d'Avril de l'année courante. La cueillette est effectuée la matinée d'une façon aléatoire. Les échantillons ont été étalés sur du papier blanc et mis à sécher à l'air libre, à l'abri de lumière et d'humidité et à la température ambiante du laboratoire. Devenus secs, les échantillons sont pilés dans un mortier en porcelaine, puis réduits en poudre fine à l'aide d'un mixeur électrique à hélice (BRANT). La poudre obtenue est récupérée et conservée dans des bouteilles stériles hermétiquement fermées, à température ambiante et à l'abri de la lumière jusqu'à son application.

2.3. Dispositif expérimental

L'essai a été conduit en plein champs en utilisant une poudre végétale à base d'une crucifère la moutarde des champs (= *Sinapis arvensis*) ainsi qu'un produit chimique à savoir un insecticide pour traitement de sol (Téfluthrine 1,5 %). Les deux traitements ont été comparés à un témoin négatif. Pour cela, nous avons choisi trois parcelles de 1 m² pour réaliser notre étude. Dans chaque parcelle un des traitements suscités a été appliqué comme suit :

- Bloc 1 : épandage de 400 g de poudre végétal/m², l'incorporation se fait à une profondeur de 10 cm, l'opération est mécanique on la réalise à l'aide d'une fraise, après l'enfouissement nous avons utilisé un film de polyéthylène noire pour couvrir le sol pendant un mois.
- Bloc 2 : application du produit chimique à la dose homologuée de 10 g/m² mélangé avec 500 g du sable afin de faciliter la dispersion, l'essai est mené sans bâchage.
- Bloc 3 : l'utilisation du bâchage est conduite pendant un mois, mais sans l'apport d'aucun traitement.

Le dispositif est mené en trois répétitions. L'échantillonnage du sol a été réalisé avant et après traitements. Dans chaque parcelle nous avons effectués quatre prélèvements aléatoires. Le paramètre température a été pris en considération, où des prélèvements quotidiens ont été effectués durant la période d'étude.

2.4. Méthode d'échantillonnage et de prélèvement du sol

Nos prélèvements de sols ont été effectués aléatoirement avant et après à un mois l'épandage des différents traitements. Pour chaque prélèvement, 4 répétitions ont été réalisées dans les différents blocs étudiés. Le prélèvement de 20 cm² de sol et à 15 cm de profondeur a été réalisé pour chaque échantillon. Les prélèvements ont été effectués à l'aide d'une binette. Les échantillons de sol accompagné d'une fiche de renseignement ont été conservés dans des sacs en plastique hermétiques puis acheminés au laboratoire le jour même du prélèvement.

2.4.1. Extraction, identification et comptage de la mésofaune

L'extraction de la mésofaune du sol est réalisée par la méthode dite de «Berlese Tullgren» (Berlese, 1905). Son principe consiste à placer un volume de terre connu pendant sept à dix jours sur le tamis surplombant l'extracteur constitué d'un entonnoir afin de dessécher lentement l'échantillon du haut vers le bas. Chassée ainsi par la dessiccation progressive de la terre, la faune (collemboles, acariens, myriapodes, et petites larves d'insectes) quittent l'échantillon par le bas et tombent dans l'entonnoir jusqu'à un bécier contenant de l'alcool à 70% (Gobat *et al.*, 1998). Les microarthropodes ainsi récoltés à partir des échantillons ont été identifiés ensuite comptés sous loupe binoculaire.

2.4.2.Extraction, identification et comptage des nématodes du sol

La méthode utilisée pour l'extraction des nématodes est la technique de Dalmaso (1966). Les nématodes ont été récoltés après une série de lavages de sol et tamisages. Le contenu de chaque tube a essai est laissé à décanter pendant au moins 30 mn de manière à permettre la sédimentation des nématodes, après l'homogénéisation des tubes 5 ml de la solution est prélevée. Sous loupe binoculaire, le dénombrement et l'identification morphologique est basée sur l'observation de certains caractères discriminants (la longueur et la forme du stylet, la forme de la tête, de la queue, la longueur du corps, la disposition de la glande œsophagienne par rapport à l'intestin). Les populations de nématodes du sol sont exprimées en nombre de nématode par 250 g de sol.

2.5. Analyses statistiques des données

La disponibilité de la mésofaune et des nématodes des sols ont été estimés sous différents régimes de stress selon les conditions (période, matière active), une analyse de la variance est préconisée. Les moyennes des variables quantitatives sont estimées par le modèle linéaire global (G.L.M.) et par une ANOVA dans les conditions paramétriques le test est déroulé par le logiciel SYSTAT vers. 12 .SPSS, 2009.

Les diagrammes rang/fréquences sont tracés en classant les groupes entomofauniques par ordre de fréquence décroissante. Les abondances de la méso et de la microfaune ont été normalisées par ajustement au modèle standard de Motomura (1932) puis une comparaison de diversité a été réalisée par le test de Barlett. Le déroulement des comparaisons deux à deux est réalisé par le logiciel PST version 6.3.

3. RESULTATS

3.1. Fluctuation temporelle de la mésofaune

3.1.1.Tendance globale de l'abondance de la mésofaune du sol sous l'effet des traitements biologique et chimique

Les deux traitements appliqués (poudre de *Raphanusraphanistrum* et Téfluthrine 1,5%) ont eu un effet sur l'abondance de certains taxons. Cependant, avant traitement l'abondance des différents groupes mésofauniques était similaire dans les trois blocs étudiés, dont les taxons présentant une abondance élevée sont les acariens, les collemboles et les fourmis comparés aux autres taxons (Figure 1).

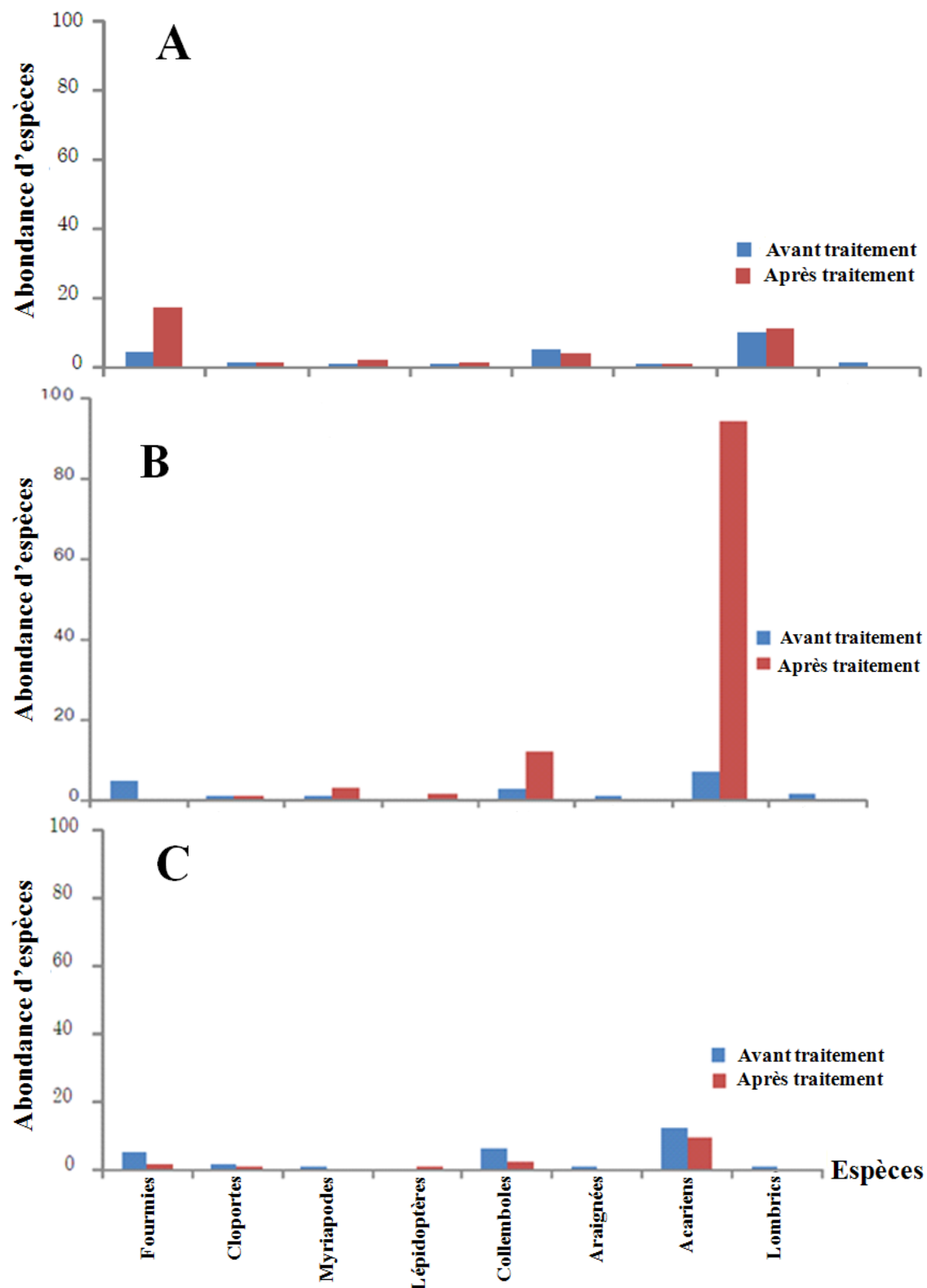


Figure 1. Evolution temporelle de l'abondance de la mésofaune du sol sous l'effet de *Raphanusraphanistrum* (B) et Téfluthrine 1,5% (C) comparé à un témoin (A).

3.1.2. Effets comparés de l'efficacité des traitements biologique et chimique sur l'abondance de la mésofaune du sol

Nous avons utilisé le modèle général linéaire (G.L.M.) de manière à évaluer la variation temporelle de la structuration de l'abondance des populations de la mésofaune du sol en fonction des différents traitements. Ce modèle permet d'étudier l'effet strict et individuel des différents facteurs sans faire intervenir les interactions entre les facteurs. Nous constatons que les facteurs périodes (F-ratio=19,648, $p=0,000$, $p<1\%$), traitements (F-ratio=15,230, $p=0,000$, $p<1\%$) et espèces (F-ratio=41,517, $p=0,000$, $p<1\%$), agissent d'une très significative sur l'abondance des populations de la mésofaune du sol (Figure 2)

D'après la même figure, la variation de l'abondance de la mésofaune du sol est fortement liée au temps d'exposition qui est en faveur de la toxicité des deux traitements. De ce fait, la comparaison des abondances par rapport au type de traitement nous indique l'existence d'une différence de l'effet traitement entre la poudre végétale (*R. raphanistrum*) et le produit chimique (Téfluthrine 1,5%) comparé au témoin. La parcelle traitée avec la poudre végétale représente une abondance plus importante par rapport au témoin et de façon moindre au produit chimique. En revanche, le facteur espèce montre la dominance des acariens suivi par les collembolés et les fourmis qui enregistrent une abondance moyenne par rapport aux cloportes, lépidoptères, myriapodes, araignées et les lombrics.

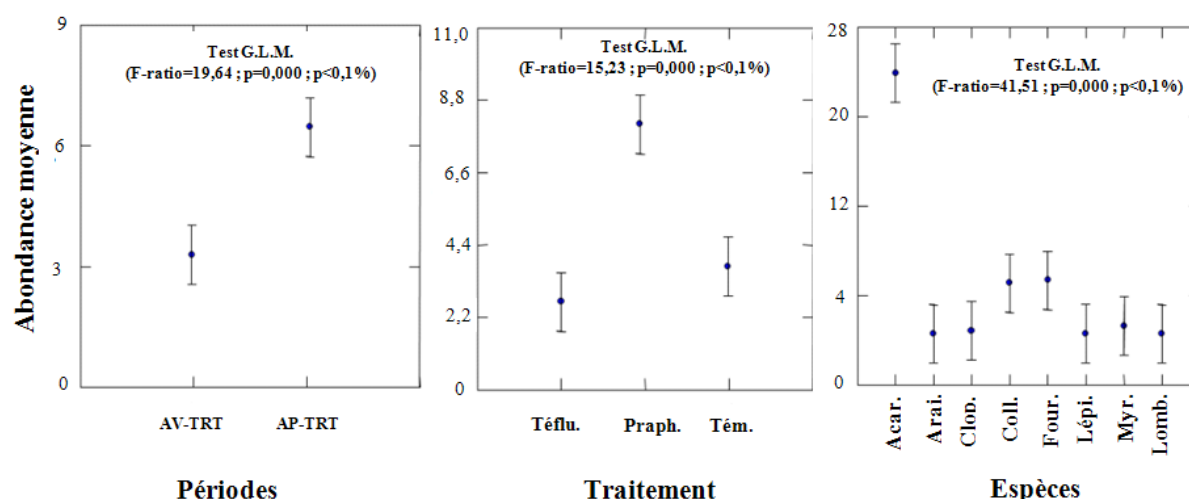


Figure 2. Modulation comparée de l'abondance de la mésofaune du sol selon la période, le type de traitement et les espèces.

(Téflu.): Téfluthrine, (Praph.): Poudre de *R. raphanistrum*, (Tém.): Témoin, (AV-TRT): avant traitement, (AP-TRT): après traitement, (Acar.): Acarien, (Arai.): Araignée, (Clon.): cloporte, (Coll.): Collembolés, (Four.): Fourmis, (Lépi.): Lépidoptères, (Myr.): Myriapodes, (Lomb.): Lombrics.

3.1.3. Comparaison de la diversité de la mésofaune du sol sous l'effet des traitements biologique et chimique

Nous avons noté les probabilités (P) du rapprochement de l'évolution des abondances de la mésofaune du sol dans le temps et dans l'espace au sein des trois blocs étudiés d'après le modèle standard de MOTOMURA (Tableaux 1 et 2).

Tableau 1. Comparaison des pentes des droites de régressions des assemblages des abondances de la mésofaune du sol deux à deux avant traitement

	Témoin	<i>R. raphanistrum</i>	Téfluthrine
Pente (a)	-0,12094	-0,10662	-0,14569
Ajustement au modèle Motomura (P)	$4,79 \times 10^{-4}$	$9,69 \times 10^{-05}$	$4,39 \times 10^{-4}$
Témoin	-		
<i>R. raphanistrum</i>	0,286 ^{N.S}	-	
Téfluthrine	0,679 ^{N.S}	0,1451 ^{N.S}	-

N.S.: non significative, *: Probabilité significative à 5 %

Tableau 2. Comparaison des pentes des droites de régressions des assemblages des abondances de la mésofaune du sol deux à deux après traitement

	Témoin	<i>R. raphanistrum</i>	Téfluthrine
Pente (a)	-0,17047	-0,25149	-0,11767
Ajustement au modèle Motomura (P)	$2,48 \times 10^{-4}$	$2,60 \times 10^{-4}$	$5,17 \times 10^{-4}$
Témoin	-		
<i>R. raphanistrum</i>	0,421 ^{N.S.}	-	
Téfluthrine	0,579 ^{N.S.}	0,1255 ^{N.S.}	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 %

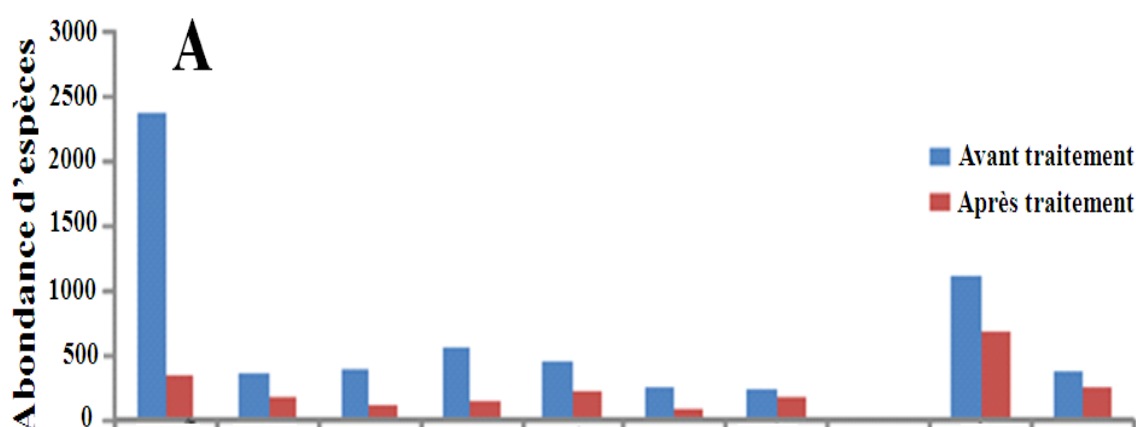
L'ajustement des abondances mésofauniques au modèle MOTOMURA, montre que les espèces dans les différents blocs expérimentales présentent une perturbation modérée, le résultat est confirmé par les probabilités des courbes d'ajustement de MOTOMURA; témoin (avant traitement: $4,79 \times 10^{-4}$; après traitement: $2,48 \times 10^{-4}$), *R. raphanistrum* (avant traitement : $9,69 \times 10^{-5}$; après traitement: $2,60 \times 10^{-4}$) et Téfluthrine (avant traitement: $4,39 \times 10^{-4}$, et après traitement: $5,17 \times 10^{-4}$) (Tableaux 1 et 2).

La comparaison de la diversité au niveau des trois blocs par le test de Barlett montre l'absence de différence significative entre les différents traitements ce qui signifie que les investigations ont été réalisées dans des blocs très homogènes au départ (premier prélèvement avant traitement) (Tableau 1). Le même test a été adopté pour comparée la diversité des espèces au niveau des trois blocs après traitement, les résultats montrent l'absence de différences significatives entre les différents stress, ce qui nous permet de dire que la variabilité des traitements étudiés n'ont pas un effet très ressenti sur la diversité mais ils ont un effet notable sur les abondances.

3.2. Fluctuation temporelle des nématodes

3.2.1. Tendance globale de l'abondance des nématodes du sol sous l'effet des traitements biologique et chimique

Les résultats montrent que les différents traitements exercent un effet positif sur l'abondance de certaines espèces. La figure 3a enregistre la dominance des nématodes phytophages (*Tylenchorhynchus*) dans les trois blocs étudiés, suivi par les nématodes omnivores et les nématodes libres qui sont caractérisés par une abondance modérée. Après traitement, l'abondance des différents groupes de nématodes accuse une variation dans les taux d'abondances. Les nématodes exposés à la poudre de *R. raphanistrum* enregistre une baisse d'effectif moins importante (Figure 3b) que ceux exposés au traitement chimique au Téfluthrine 1,5% (Figure 3c).



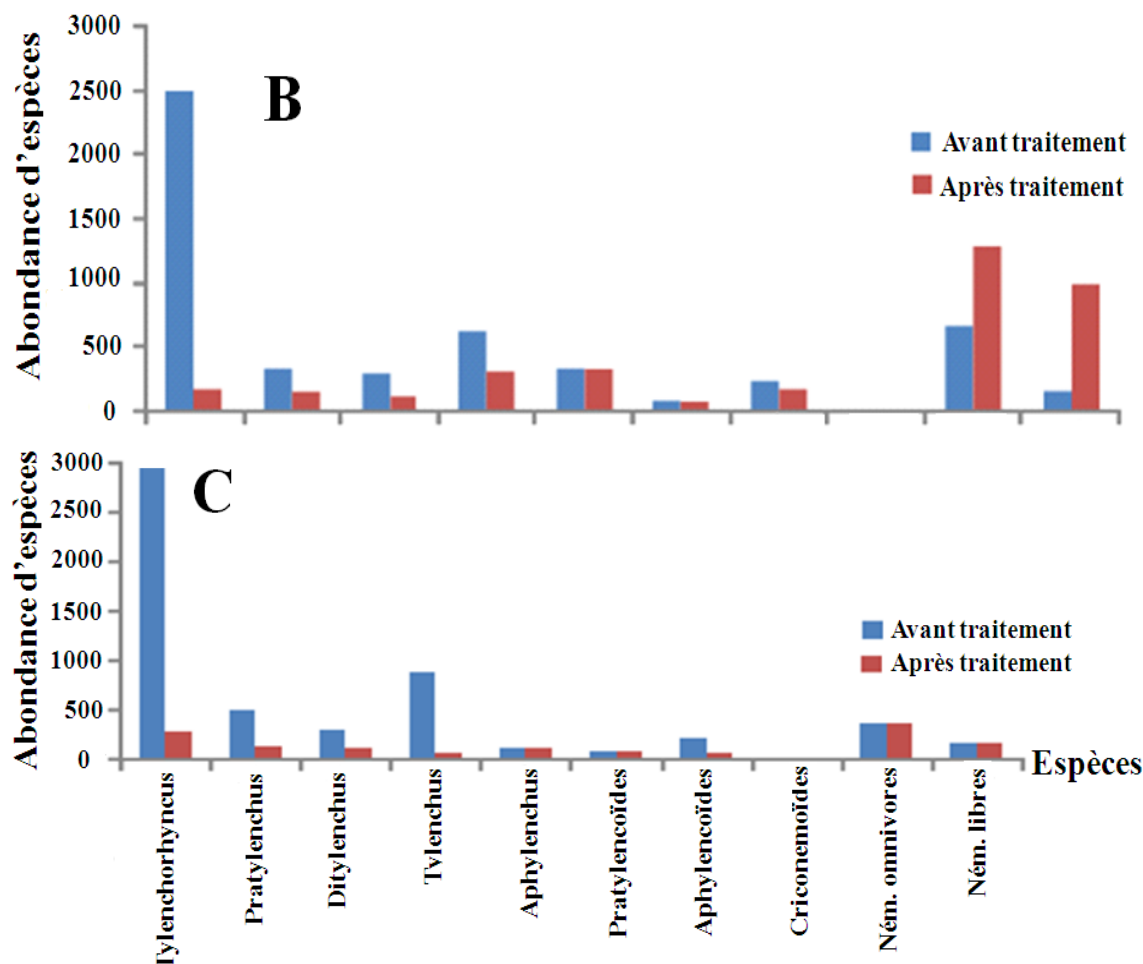


Figure 3. Evolution temporelle de l'abondance des nématodes sous l'effet de *Raphanus raphanistrum* (B) et Téfluthrine 1,5% (C) comparé à un témoin (A).

3.2.2. Effets comparés de l'efficacité des traitements biologique et chimique sur l'abondance des nématodes du sol

Le test G.L.M. nous permis de constater que les facteurs périodes de suivi, traitement et espèces présentent une différence (Figure 4).

La variation de l'abondance des populations des nématodes du sol est notable avant d'être exposée aux applications chimique et biologique. Près de 42,62% de l'abondance moyenne a subi une diminution après les traitements. La comparaison des abondances des nématodes, montre que l'abondance au niveau du bloc Téfluthrine se révèle la plus faible. Par contre, la poudre de *R. raphanistrum* a montré une toxicité faible vis-à-vis des espèces étudiées en enregistrant la plus forte abondance des populations de nématodes. L'étude du facteur espèce nous indique que le groupe des *Tylenchorhynchus* est le plus abondant, suivi par les nématodes omnivores et nématodes libres qui affichent une abondance moyenne.

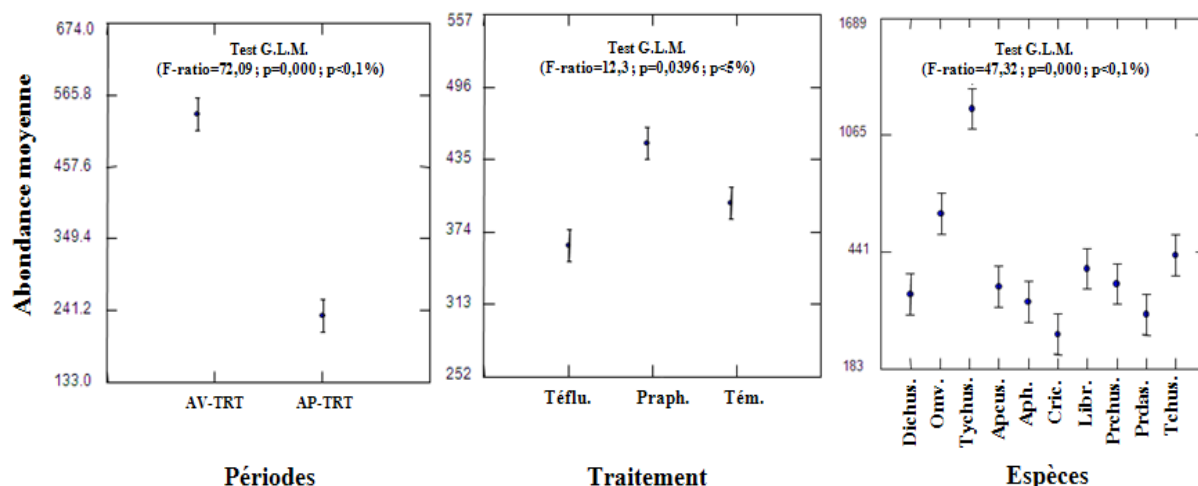


Figure 4. Modulation comparée de l'abondance des nématodes du sol selon la période, le mode de traitements et les espèces

(Téflu.):Téfluthrine ,(Praph.): Poudre de *R. raphanistrum* , (Tém.): Témoin ,(AV-TRT): avant traitement, (AP-TRT): après traitement, (Tychus) :*Tylenchorhynchus* , (prchus): *Pratylenchus* , (Dichus): *Ditylenchus*, (Tchus): *Tylenchus* , (Apcus): *Aphylenchus* , (Prdas): *Pratylenchoides*, (Aphds): *Aphylenchoides*, (Cric): *Criconemoides*, (Omv): Nématodes Omnivores , (Libr): Nématodes libres.

3.2.3. Comparaison de la diversité des nématodes du sol sous l'effet des traitements biologique et chimique

L'ajustement de l'évaluation des abondances des nématodes avant et après traitement au modèle MOTOMURA montre que les espèces dans les différents blocs accusent une perturbation modérée, le résultat est confirmé par les probabilités des courbes d'ajustement de MOTOMURA; témoin (avant traitement : 0,222 et après traitement=0,541), *R. raphanistrum* (avant traitement : $1,03 \times 10^{-1}$ et après traitement=6, 64×10^{-2}) et Téfluthrine (avant traitement : 0,063, et après traitement=0,969), respectivement dans les trois blocs pour la période avant et après traitement (Tableaux 3 et 4).

Le test de Barlett montre une absence de différence significative entre les différents traitements qui signifie que les investigations d'étude ont été prises sur des blocs homogènes (Tableau 3). Le même test a été adopté pour comparée la diversité des espèces au niveau des trois blocs après traitement. Les résultats montrent une différence significative entre les différents stress. La diversité dans le couplé (Bloc témoin/ bloc traité à la poudre de *R. raphanistrum*) est marginalement significative, alors que la diversité dans les couplés (Bloc témoin/ bloc traité au Téfluthrine) et (Bloc traité à la poudre de *R. raphanistrum* / bloc traité au Téfluthrine) elle signale une différence significative (Tableau 4).

Tableau 3. Comparaison des pentes des droites de régressions des assemblages des abondances de la microfaune du sol deux à deux avant traitement

	Témoin	<i>R. raphanistrum</i>	Téfluthrine
Pente (a)	-95,315	-130,3	-201,92
Ajustement au modèle Motomura (P)	0,22213	$1,03 \times 10^{-01}$	0,063526
témoin	-		
<i>R. raphanistrum</i>	0,964 ^{NS}	-	
Téfluthrine	0,442 ^{NS}	0,417 ^{NS}	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 %

Tableau 4. Comparaison des pentes des droites de régressions des assemblages des abondances de la microfaune du sol deux à deux avant traitement

	Témoin	<i>R. raphanistrum</i>	Téfluthrine
Pente (a)	13,758	85,121	0,48485
Ajustement au modèle Motomura (P)	0,54172	$6,64 \times 10^{-02}$	0,96972
Témoin	-		
<i>R. raphanistrum</i>	0,079*	-	
Téfluthrine	0,011*	0,0017***	-

N.S.: non significative, * : Probabilité significative à 5 %

4. DISCUSSION

Les résultats relatifs aux traitements biologiques à base *Raphanus raphanistrum* révèlent que ce traitement a affecté l'abondance des acariens et des collemboles par une augmentation de leur densité après traitement. Nous supposons que la poudre a stimulé la régénération des populations d'acariens et de collemboles par une augmentation de la disponibilité d'une source énergétique, la présente hypothèse est supportée par Radford *et al.* (2001), qui citent que la qualité et la quantité de la matière organique du sol sont des facteurs du milieu qui gouvernent fortement la présence de ces communautés dans les différents biotopes. Les déchets organiques, qu'ils soient d'origine végétale ou autre, sont également connus pour soutenir des réseaux trophiques plus longs et plus complexes que ceux soutenus par les organismes autotrophes seuls (DeLaune *et al.*, 2004). Dans le cas des collemboles, plusieurs études ont montré que leur abondance est étroitement corrélée à l'augmentation du taux d'apports de végétaux en décomposition (Görres *et al.*, 2001).

L'absence des Lombrics dans les blocs traités présume que sous l'effet du bâchage ce modèle pédofaunique a migré vers les horizons profonds à la recherche d'une humidité convenable aux exigences saisonnières, cet état de fait rejoint les observations de Baker *et al.* (1998), qui signale que les Lombrics étant poikilothermes, ils ne régulent pas leur température corporelle et sont par conséquent très sensibles aux variations de température. Lorsque les conditions de température et d'humidité du sol deviennent défavorables (sécheresse, baisse ou hausse trop importante de la température), la survie, la fécondité et la croissance des lombriciens sont affectées. Certaines espèces, peuvent migrer vers les horizons profonds du sol, où les conditions de température et/ou d'humidité leur sont moins défavorables. C'est le cas de *Lombricus terrestris*, qui, dès qu'il a acquis une musculature suffisante, peut descendre jusqu'à plusieurs mètres de profondeur (Whalen *et al.*; 1998).

Concernant l'effet de *R. raphanistrum* sur l'abondance des nématodes, les résultats expriment une diminution des effectifs des nématodes phytophages et une augmentation de l'abondance des nématodes omnivores et des nématodes libres. La tolérance des différents nématodes aux crucifères pourrait en découler de capacité intrinsèque de chaque espèce. Bongers et Bongers (1998), estime que les structures des communautés de nématodes sont affectées par les perturbations naturelles ou anthropiques. Les propriétés biocides des brassicacées des produits d'hydrolysés ont été démontrées sur des insectes, des nématodes, des champignons et des bactéries.

Selon Ferris *et al.* (2001), l'incorporation d'amendement organique a augmenté la densité des nématodes bactériophages, mycophages, omnivores et prédateurs, mais a diminué les populations phytoparasites. Cette diminution des nématodes phytoparasites est plus importante avec l'amendement frais. L'accumulation de composés azotés, toxiques pour les nématodes, durant la décomposition de la matière organique est souvent citée comme un mécanisme possible pour réduire les densités de nématodes phytoparasites. La réponse rapide des nématodes non phytoparasites aux amendements organiques a été attribuée à une augmentation dans la disponibilité de leurs ressources alimentaires (bactéries et champignons)

Plusieurs auteurs ont déjà montré que les nématodes ne sont pas favorisés par la présence de matière organique dans les sols (Bhosle *et al.*, 2004). Aussi, une toxicité plus ou moins forte des isothiocyanates (ITC) sur les nématodes a été montrée sur les espèces phytophages *Tylenchus semipenetrans* et *Meloidogyne javanica* (Zasada et Ferris, 2003). Ce résultat a été confirmé avec l'utilisation de tissus de *Brassica hirta* frais, efficaces sur ces mêmes nématodes (Zasada et Ferris, 2004). Nos résultats montrent qu'après un mois de traitement, une diminution forte des densités a été enregistrée, dans le bloc traité par la poudre végétale. Ceci pourrait expliquer les faibles densités de nématodes retrouvées dans le bloc traité avec la poudre végétale *R. raphanistrum*. En outre, Oka (2010) confirme qu'aucun amendement organique seul ne semble être capable de remplacer des nématicides systémiques ou des fumigants, mais l'intégration de cette méthode avec d'autres techniques culturale comme l'utilisation de cultivars résistants ou la solarisation du sol, permettra d'améliorer le contrôle de son efficacité et le rendement des cultures.

L'étude de l'effet temporel des différents traitements appliqués, nous montre que le temps joue en faveur de la toxicité. Cependant, les deux molécules (crucifère et insecticide) présentent un effet toxique accentué dans le temps durant la période du suivi. Ce qui nous permet de prédire qu'après traitements, la variabilité des molécules actives étudiées n'a pas un effet très marqué sur la diversité mais sur l'abondance.

L'usage de produits phytosanitaires de synthèse serait responsable du déclin de la biodiversité. En effet, ils peuvent avoir des effets directs sur les organismes cibles (mortalité, baisse de la fécondité) ou sur les organismes non cibles (arthropodes) mais également des effets indirects sur les mêmes groupes soit par intoxication, soit par réduction des ressources disponibles dans le milieu. Il semblerait toutefois que les pesticides n'entraînent pas de modification de la richesse spécifique de la pédofaune, mais simplement une diminution de leur abondance.

5. CONCLUSION

L'effet de la biofumigation et à base de *Raphanus raphanistrum* comparé à un produit chimique à base de Tefluthrine 1,5 % sur l'abondance des populations de la pédofaune en comparaison avec un témoin. Nous avons pu tirer certains résultats en réponse aux questions hypothèses de l'étude. Le traitement biologique a présenté un effet répressif sur l'abondance des populations des nématodes phytophage par contre pour les acariens et les collemboles sont effet était favorisant à l'augmentation de leurs disponibilité. L'application du produit chimique a enregistré un effet toxique noté à par une diminution de l'abondance des populations de la mésofaune et de la microfaune du sol. Les résultats de cette étude ont montré que durant un mois d'étude, le Tefluthrine 1,5% reste le plus toxique et le moins sélectif par rapport à la poudre végétale *R. raphanistrum*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Baker GH, Carter PJ, Curry JP, Cultreri O and Beck A. (1998). Clay content of soil and its influence on the abundance of Aporectodea trapezoides Dugès (Lumbricidae). *Applied Soil Ecology*, **9**,333-337.
- Berlese A. (1905). Apparicchio per raccogliere presto ed in gran numero di piccoli artropodi. *Redia*, **2**,85-89.
- Bhosle BB, Mukesh S, Puri SN and Suvasish D. (2004). Prevalence of phytophagous nematodes in rhizosphere of okra (*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.) in Parbhani District, Maharashtra, India. *Indian Journal of Nematology*, **34**(1), 56-59.
- Bongers T and Bongers M. (1998). Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology*, **10**, 239-251
- DeLaune PB, Moore PA, Daniel TC and Lemunyon J L. (2004). Effect of Chemical and Microbial Amendments on Ammonia Volatilization from Composting Poultry Litter. *Alliance of Crop, Soil, and Environment Science Societies*, **33**(2),728-734
- Ferris H, Bongers T and De Goede RGM. (2001). A framework for soil food web diagnostics: extension of the nematode faunal analysis concept. *Applied Soil Ecology*, **18**,13-29.
- Gobat JM, Aragno M et Matthey W. (1998). Le sol vivant, base de pédologie, biologie des sols. Presses Polytechniques et Universitaires, Romandes, Suisse, 519 p.
- Görres JH, Savin MC and Amador JA. (2001). Soil micropore structure and carbon mineralization in burrows and casts of an anecic earthworm (*Lumbricus terrestris*). *Soil Biology and Biochemistry*, **33**,1881-1887
- Heywood V H and Baste I. (1995). Introduction. In Heywood VH editor Global biodiversity assessment, Cambridge University Press, Cambridge, UK, pp. 1-19.
- Lavelle P and Spain AV. (2001). Soil Ecology. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands, 654 p.
- Loucif Z et bonafonte P. (1977). Observation des populations du pou de San José dans la Mitidja. *Revue Fruits*, **32**(4), 253-261.
- Motisi N, Dore T, Lucas P and Montfort F. (2010). Dealing with the variability in biofumigation efficacy through an epidemiological framework. *Soil Biology and Biochemistry*, **42**,2044-2057.
- Oka Y. (2010). Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments. *Applied Soil Ecology*, **44**, 101-115
- Radford BJ, Wilson-Rummenie AC, Simpson GB, Bell KL and Ferguson M.A. (2001). Compacted soil affects soil macrofauna populations in a semi-arid environment in central Queensland. *Soil Biology and Biochemistry*, **33**, 1869-1872.
- Whalen JK, Parmelee RW and Edwards CA. (1998). Population dynamics of earthworm communities in corn agroecosystems receiving organic or inorganic fertilizer amendments. *Biology and Fertility of Soils*, **27**, 400- 407

- Zasada IA and Ferris H. (2003). Sensitivity of *Meloidogyne javanica* and *Tylenchulus semipenetrans* to isothiocyanates in laboratory assays. *Phytopathology*, **93**, 747–750.
- Zasada IA and Ferris H. (2004). Nematode suppression with brassicaceous amendments: application based upon glucosinolate profiles. *Soil Biology & Biochemistry*, **36**, 1017–1024.

Impact de l'activité prédatrice sur le développement de la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi* targ., 1868 (Homoptera, Diaspididae) dans une palmeraie à Biskra

Achoura Ammar¹, Tarai Nacer², Belhamra Mohammed³

¹Université Mohamed Kheider, Département d'Agronomie, Biskra-Algérie

²Université Mohamed Kheider, Département d'Agronomie, Biskra-Algérie

³CRSTRA, Biskra-Algérie

E-mail:achouraammar@yahoo.fr

RESUME

La cochenille blanche compte parmi les ravageurs les plus redoutables du palmier dattier. Ce ravageur colonise toutes les parties de l'arbre. Il s'installe sur les folioles, le rachis, la hampe florale et même sur les fruits. L'évolution de ces ravageurs est liée aux différents facteurs écologiques biotiques ou abiotiques qui limitent sensiblement leur pullulation. Les facteurs biotiques sont représentés surtout par les prédateurs, qui contribuent fortement à la destruction de ce déprédateur.

Les résultats obtenus montrent que l'activité prédatrice est très marquée au printemps lorsque les conditions écologiques sont favorables au développement des prédateurs. Dans la région de Biskra, deux familles de coléoptères contribuent dans la réduction des effectifs de la cochenille blanche. Celle des *Coccinellidae* représentée par deux espèces : *Pharoscyrnus ovoideus* et *Pharoscyrnus numidicus*, et celle des *Nitidulidae* représentée par *Cybocephalus palmarum*.

Mots clés:Biskra, cochenille blanche, palmier dattier, prédateur.

SUMMARY

Cochineal white *Parlatoria blanchardi* Targ among the most serious pest of date palm. This species colonizes all parts of the palm, he settled on the leaflets, the rachis, the scape and even fruit. The evolution of these pest-related ecological, biotic or abiotic, they limit the proliferation of this insect. Biotic factors are represented by the study of predation rate to allow assessment of predatory activity that can contribute to the destruction of the white scale insect. The results showed that the predatory activity is very marked in the spring when conditions are favorable to the proliferation of predators. In the region of Biskra, two families of beetles contribute in limiting the population of the mealy bug white. The *Coccinellidae* are represented by two species *Pharoscyrnus ovoideus* and *Pharoscyrnus numidicus*, and *Nitidulidae* are represented by *Cybocephalus palmarum*.

Keywords:Biskra, The white scale insect, date palm, predator.

1. INTRODUCTION

Le Palmier dattier constitue le pivot du système oasien, représente ainsi la principale ressource de vie des populations des régions sahariennes. L'Algérie est classée à la cinquième place des pays producteurs des dattes avec 156 milles tonnes, mais il est le premier producteur mondial de la variété Deglet Nour qui constitue 17% des importations mondiales. Cependant, les oasis algériennes ont enregistré durant les deux dernières décennies une évolution remarquable aussi bien au niveau des superficies qu'au niveau de la production. Malheureusement, le palmier dattier reste confronté à un certain nombre de contraintes, dont les plus importantes sont celles liées aux maladies et aux ravageurs, telle que : Bayoud ou la fusariose (*Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*), la pourriture des inflorescences ou Khamedj (*Mauginiella scaetiae* Cav.), l'acariose due au Boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus* Mac Gregor), le foreur du rachis ou Bouguassas (*Apate monachus*), la pyrale de la datte (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller) et la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* Targioni-Tozzetti). La cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* Targ) est connue depuis fort longtemps dans le sud algérien. Ce ravageur colonise toutes les parties du palmier, il s'installe sur les folioles, le rachis, la hampe florale et même sur les fruits. L'empilement des boucliers des femelles provoque un encroûtement et donne un aspect blanchâtre aux feuilles et aux fruits. Il agit de deux façons essentielles soit qu'il affaiblie l'arbre et atteint des fois même à son dépérissement ou il dégrade fortement la qualité commerciale de la datte. Les principaux facteurs qui contribuent à la destruction de la population de la cochenille blanche sont les facteurs abiotiques (climatiques) ou biotiques représentés surtout par les parasites et les prédateurs.

L'étude de taux de parasitisme permet de déterminer l'activité prédatrice qui peut participer à la destruction de la cochenille blanche.

2. MATERIELS ET METHODES

Le site d'expérimentation se situe dans la station régionale de la protection des végétaux (SRPV) de feliache (Fig. 1), qui se trouve à l'Est de la ville de Biskra à une distance de 5 km du chef lieu de la wilaya de Biskra, sur la route nationale 83 (Souffou et *al.*, 2007). Celle-ci s'étend sur une superficie de 2.6 ha avec une végétation variée, composée essentiellement de palmiers dattiers de variété Deglet-Nour, associée à d'autres cultures d'arbres fruitiers notamment : l'olivier, l'abricotier, le figuier, le grenadier et le citronnier.



Figure 1. Site d'expérimentation.

Le site se caractérise par un sol sablo-limoneux avec un bassin d'accumulation des eaux en bêche. L'eau d'irrigation est salée d'environ 7g/l prise à partir d'un forage profond de 120m (Anonyme, 2008).

La parcelle s'étend sur une superficie de 1.5 ha (Fig. 2), Elle comprend 72 palmiers de variété Deglet-Nour âgés de 10 ans, avec un espacement de plantation de 8m. Elle est entourée par un drain fonctionnel lié avec un bassin et clôturée par des brise-vents.



Figure 2. Les blocs de la parcelle d'étude

Echantillonnage

Pour réaliser un bon échantillonnage, nous avons divisé la parcelle d'étude en 6 blocs égaux de 12 pieds chacun. Dans une boîte, nous avons mis des bouts de papier numérotés (de 1 à 12) selon le nombre total de palmier pour chaque bloc de la parcelle expérimentale. Chaque 10 jour, nous prélevons au hasard un numéro correspondant au pied sur lequel le prélèvement sera effectué dans un bloc. A l'aide d'un sécateur, nous prélevons une foliole parmi les cinq de l'extrémité des palmes de la couronne moyenne. Chaque foliole est placée dans un sachet en papier kraft sur lequel nous indiquons la date de prélèvement (jour/ mois/ année).

Comptage

Les échantillons sont ramenés au laboratoire où ils sont observés sous la loupe binoculaire au grossissement (x40). Pour chaque foliole, nous choisissons 3 endroits de 1cm² pour compter le nombre des femelles parasitées. Nous avons obtenu alors, les valeurs A1, A2, A3 (le nombre des femelles parasitées de 3 cm² échantillonnés) dont La moyenne est : $(A1+A2+A3)/3$.

Cette étude basée essentiellement sur des prélèvements foliaires, des observations et des comptages périodiques de trois fois par mois à permet de déterminer :

L'effectif des femelles parasitées durant l'année expérimentale 2009 pour déterminer l'activité prédatrice et le taux de prédation.

Collecte des prédateurs

Nous avons procédé à la collection des prédateurs par la méthode de secouage à l'aide d'un bâton sur les palmiers de la parcelle d'étude. Sur un drap placé sous l'arbre, nous avons collecté les insectes récoltés dans des boîte de pétri, qui sont ramenés ensuite au laboratoire pour identification.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Le taux de prédation

Les résultats obtenus sont enregistrés dans le tableau 1. Ce tableau à permet de tracer la courbe (Fig. 3) qui représente les fluctuations des effectifs des femelles parasitées durant l'Année expérimentale 2009 au cours de l'évolution de la cochenille blanche.

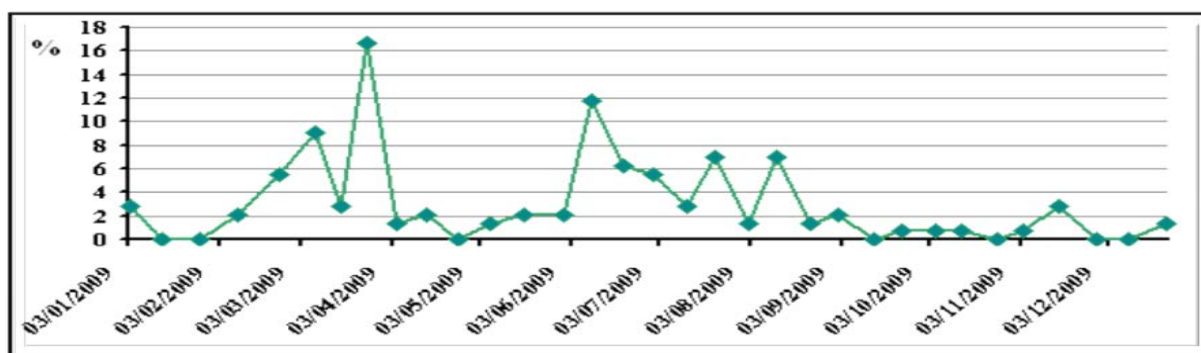


Figure 3. Le taux de prédation de la cochenille blanche

3.2. Discussion

Nous avons notés une diminution de taux de prédation durant le mois de janvier. A partir de mois de février, nous avons remarqué une augmentation des effectifs des femelles parasitées jusqu'à atteindre le pic de 24 individus/cm² au mois de mars. Cette valeur justifie l'action des prédateurs la plus remarquable durant cette période, et ce suite aux conditions écologiques favorables au développement des prédateurs.

Le taux de prédation à augmenté aussi en été avec un maximum de 17 individus/cm² ou les prédateurs ont contribué à la destruction de la population de la cochenille blanche et ce également suite aux conditions écologiques favorables du milieu.

D'après Chelli (1996) ; Boussaid et Maache (2001), le printemps est la saison la plus favorable au développement des coccinelles prédatrices.

3.3. Collecte des prédateurs

Dans notre site expérimental, nous avons obtenu deux types de prédateurs qui nous ont attiré par leur action. Ce sont les Coléoptères et les Névroptères.

Les Coléoptères (Fig4) sont représentés par les deux familles : *Coccinellidae* et *Nitidulidae*. Les *Coccinellidae* sont représentés par *Pharoscyrnus ovoideus* et *Pharoscyrnus numidicus*. Les *Nitidulidae* sont représentés par *Cybocephalus palmarum*. Les névroptères sont représenté par l'espèce *Chrysopa vulgaris*.

Djoudi (1992), dans les palmeraies de Sidi Okba à rencontré ce qui suit : *Pharoscyrnus setulosus*, *Pharoscyrnus onchorago* concernant les *Coccinellidae*, et *Cybocephalus palmarum* concernant les *Nitidulidae*.

Tableau 1. Effectif des femelles parasitées durant l'Année 2009

Sortie \ Stades	FM	%	FP	%
03/01/2009	2	0,35	4	2,78
14/01/2009	6	1,06	0	0,00
27/01/2009	4	0,71	0	0,00
09/02/2009	1	0,18	3	2,08
23/02/2009	23	4,07	8	5,56
07/03/2009	31	5,49	13	9,03
16/03/2009	28	4,96	4	2,78
25/03/2009	16	2,83	24	16,67
04/04/2009	13	2,30	2	1,39
14/04/2009	33	5,84	3	2,08
25/04/2009	1	0,18	0	0,00
06/05/2009	14	2,48	2	1,39
17/05/2009	13	2,30	3	2,08
31/05/2009	18	3,19	3	2,08
09/06/2009	41	7,26	17	11,81
20/06/2009	39	6,90	9	6,25
30/06/2009	20	3,54	8	5,56
12/07/2009	44	7,79	4	2,78
21/07/2009	30	5,31	10	6,94
02/08/2009	5	0,88	2	1,39
11/08/2009	11	1,95	10	6,94
23/08/2009	33	5,84	2	1,39
01/09/2009	28	4,96	3	2,08
13/09/2009	24	4,25	0	0,00
23/09/2009	26	4,60	1	0,69
04/10/2009	9	1,59	1	0,69
13/10/2009	14	2,48	1	0,69
25/10/2009	17	3,01	0	0,00
03/11/2009	0	0,00	1	0,69
15/11/2009	3	0,53	4	2,78
28/11/2009	5	0,88	0	0,00
09/12/2009	10	1,77	0	0,00
22/12/2009	3	0,53	2	1,39
Total	565	100,00	144	100,00

FM :Femelle FP :Femelle parasitée



Pharoscymnus numidicus



Pharoscymnus ovoideus



Cybocephalus palmarum

Figure 4. Les prédateurs de la cochenille blanche

4. CONCLUSION

Suite à nos résultats nous avons conclu que le développement de la cochenille blanche est affecté par les facteurs biotiques notamment les prédateurs et les facteurs abiotiques surtout climatiques. Nous pouvons dire aussi qu'il existe une relation entre le taux de prédation et l'activité prédatrice. Les résultats obtenus montrent que l'activité prédatrice est plus remarquable au printemps, chose qui nous permet de déterminer quand les périodes d'intervention contre ce ravageur.

Dans ce cadre, nous avons trouvé deux familles de coléoptères : *Coccinellidae* et *Nitidulidae*. Les *Coccinellidae* sont représentés par *Pharoscymnus ovoideus* et *Pharoscymnus numidicus*. Les *Nitidulidae* sont représentés par *Cybocephalus palmarum*. Les névroptères sont représentés par l'espèce *Chrysopa vulgaris*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amorsi, A., (1975). Le palmier dattier en Algérie. Options méditerranéennes N°25, 128P.
- Anonyme., (2008) Fiches techniques. Ed. SRPV Biskra.
- Balachowsky A., (1939). Les cochenilles de France d'Europe, du Nord de l'Afrique et du bassin méditerranéen. Ed. Herman et Cie. Paris Coll. Act. Sci. Ind. T.III, 242 p.
- Bousaid L. et Maache L., (2001). Donnée sur la bio-écologie et la dynamique des populations de *Parlatoria blanchardi* Targ., 1868 (Homoptera, Diaspididae) dans la cuvette d'Ouargla. Mém. Ing. Agr. ITAS. Ouargla, 94p.
- Chelli A., (1996). Etude bio-écologique de la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi* Targ (Hom. Diaspididae). A Biskra et ses ennemis naturels. Mémoire Ing. INA. El-Harrach, 101p.
- Messak M. R., Nezzar K.N. et Ababsa F.S., (2008). Compétitivité de la filière dattes en Algérie entre le potentiel avéré et l'impuissance constatée. Prospectives agricoles, N°3.INRAA.Alger, 20 p.
- Messar E. M., (1996). Le secteur phoenicicole Algérien : situation et perspectives à l'horizon 2010.Options méditerranéennes. Série A : Séminaire méditerranéens N° 28. Ed. CIHAM.Zaragoza, Espagne, Pp 23-44.
- Munier P., (1973). Le palmier dattier. Ed. G.-P. Maisonneuve et Larousse. Paris, 221 p.
- Souttou K., Farhiy B., Sekour M., Guezoul O. et Doumandji S., (2007) : Actes des journées internationales sur la désertification et le développement durables. Ed CRSTRA, 4p.
- Vilardebo A. (1975). Enquête diagnostic sur les problèmes phytosanitaires entomologiques dans les palmeraies du sud-est algérien. Bull. Agro. Sahar., 1 (3),1-27.

Influence des facteurs biotiques sur l'évolution de la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi* Targ., 1868 (Homoptera, Diaspididae) dans une palmeraie à Biskra.

ACHOURA A.¹, TARAI N.² et BELHAMRA M.³

¹Université Mohamed Kheider, Département d'Agronomie, Biskra-Algérie

²Université Mohamed Kheider, Département d'Agronomie, Biskra-Algérie

³CRSTRA, Biskra-Algérie.

E-mail:achouraammar@yahoo.fr

RESUME

La cochenille blanche compte parmi les ravageurs les plus redoutables du palmier dattier. Ce ravageur colonise toutes les parties de l'arbre. Il s'installe sur les folioles, le rachis, la hampe florale et même sur les fruits. L'évolution de ces ravageurs est liée aux différents facteurs écologiques biotiques ou abiotiques qui limitent sensiblement leur pullulation. Les facteurs biotiques sont représentés surtout par l'étude de taux de prédation, pour permettre d'évaluer son activité qui peut contribuer à la destruction de ce prédateur.

Les résultats obtenus montrent que l'activité prédatrice est très marquée au printemps lorsque les conditions écologiques sont favorables au développement des prédateurs. Dans la région de Biskra, deux familles de coléoptères contribuent dans la réduction des effectifs de la cochenille blanche. Celle des *Coccinellidae* représentée par deux espèces : *Pharoscyrnus ovoideus* et *Pharoscyrnus numidicus*, et celle des *Nitidulidae* représentée par *Cybocephalus palmarum*.

Mots clés: La cochenille blanche, destruction, Biskra, prédateur

SUMMARY

Cochineal white *Parlatoria blanchardi* Targ among the most serious pests of date palm. This species colonize all parts of the palm, he settled on the leaflets, the rachis, the scape and even fruit. The evolution of these pest-related ecological, biotic or abiotic, they limit the proliferation of this insect. Biotic factors are represented by the study of predation rate to allow assessment of predatory activity that can contribute to the destruction of the white scale insect. The results showed that the predatory activity is very marked in the spring when conditions are favorable to the proliferation of predators. In the region of Biskra, two families of beetles contribute in limiting the population of the mealy bug white. The *Coccinellidae* are represented by two species *Pharoscyrnus ovoideus* and *Pharoscyrnus Numidicus*, and *Nitidulidae* are represented by *Cybocephalus palmarum*.

Keywords: The white scale insect, destruction, Biskra and predator.

1. INTRODUCTION

Le Palmier dattier constitue le pivot du système oasien, représente ainsi la principale ressource de vie des populations des régions sahariennes. L'Algérie est classée à la cinquième place des pays producteurs des dattes avec 156 milles tonnes, mais il est le premier producteur mondial de la variété Deglet Nour qui constitue 17% des importations mondiales. Cependant, les oasis algériennes ont enregistré durant les deux dernières décennies une évolution remarquable aussi bien au niveau des superficies qu'au niveau de la production. Malheureusement, le palmier dattier reste confronté à un certain nombre de contraintes, dont les plus importantes sont celles liées aux maladies et aux ravageurs, telle que : Bayoud ou la fusariose (*Fusarium oxysporum* f.sp *albedinis*), la pourriture des inflorescences ou Khamedj (*Mauginiella scaetiae* Cav.), l'acariose due au Boufaroua (*Oligonychus afrasiaticus* Mac Gregor), le foreur du rachis ou Bouguassas (*Apate monachus*), la pyrale de la datte (*Ectomyelois ceratoniae* Zeller) et la cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* Targioni-Tozzetti). La cochenille blanche (*Parlatoria blanchardi* Targ) est connue depuis fort longtemps dans le sud algérien. Ce ravageur colonise toutes les parties du palmier, il s'installe sur les folioles, le rachis, la hampe florale et même sur les fruits. L'empilement des boucliers des femelles provoque un encroûtement et donne un aspect blanchâtre aux feuilles et aux fruits. Il agit de deux façons essentielles soit qu'il affaiblie l'arbre et atteint des fois même à son dépérissement ou il dégrade fortement la qualité commerciale de la datte. Les principaux facteurs qui contribuent à la destruction

de la population de la cochenille blanche sont les facteurs abiotiques (climatiques) ou biotiques représentés surtout par les parasites et les prédateurs.

L'étude de taux de parasitisme permet de déterminer l'activité prédatrice qui peut participer à la destruction de la cochenille blanche.

2. MATERIEL ET METHODES

Le site d'expérimentation se situe dans la station régionale de la protection des végétaux (SRPV) de feliache (Fig. 1), qui se trouve à l'Est de la ville de Biskra à une distance de 5 km du chef lieu de la wilaya de Biskra, sur la route nationale 83 (Soultou et *al.*, 2007). Celle-ci s'étend sur une superficie de 2.6 ha avec une végétation variée, composée essentiellement de palmiers dattiers de variété Deglet-Nour, associée à d'autres cultures d'arbres fruitiers notamment : l'olivier, l'abricotier, le figuier, le grenadier et le citronnier.



Figure.1: Site d'expérimentation.

Le site se caractérise par un sol sablo-limoneux avec un bassin d'accumulation des eaux en bêche. L'eau d'irrigation est salée d'environ 7g/l prise à partir d'un forage profond de 120m (Anonyme, 2008b).

La parcelle s'étend sur une superficie de 1.5 ha (Fig 2), Elle comprend 72 palmiers de variété Deglet-Nour âgés de 10 ans, avec un espacement de plantation de 8m. Elle est entourée par un drain fonctionnel lié avec un bassin et clôturée par des brise-vents.



Figure 2. Les blocs de la parcelle d'étude

Echantillonnage

Pour réaliser un bon échantillonnage, nous avons divisé la parcelle d'étude en 6 blocs égaux de 12 pieds chacun. Dans une boîte, nous avons mis des bouts de papier numérotés (de 1 à 12) selon le nombre total de palmier pour chaque bloc de la parcelle expérimentale. Chaque 10 jour, nous prélevons au hasard un numéro correspondant au pied sur lequel le prélèvement sera effectué dans un bloc. A l'aide d'un sécateur, nous prélevons une foliole parmi les cinq de l'extrémité des palmes de la

couronne moyenne. Chaque foliole est placée dans un sachet en papier kraft sur lequel nous indiquons la date de prélèvement (jour/ mois/ année).

Comptage

Les échantillons sont ramenés au laboratoire où ils sont observés sous la loupe binoculaire au grossissement (x40). Pour chaque foliole, nous choisissons 3 endroits de 1cm² pour compter le nombre des femelles parasitées. Nous avons obtenu alors, les valeurs A1, A2, A3 (le nombre des femelles parasitées de 3 cm² échantillonnés) dont La moyenne est : $(A1+A2+A3)/3$.

Cette étude basée essentiellement sur des prélèvements foliaires, des observations et des comptages périodiques de trois fois par mois à permet de déterminer :

L'effectif des femelles parasitées durant l'année expérimentale 2009 pour déterminer l'activité prédatrice et le taux de prédation.

Collecte des prédateurs

Nous avons procédé à la collection des prédateurs par la méthode de secouage à l'aide d'un bâton sur les palmiers de la parcelle d'étude. Sur un drap placé sous l'arbre, nous avons collecté les insectes récoltés dans des boîte de pétri, qui sont ramenés ensuite au laboratoire pour identification.

3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Le taux de prédation

Les résultats obtenus sont enregistrés dans le tableau 1. Ce tableau à permet de tracer la courbe (Fig. 3) qui représente les fluctuations des effectifs des femelles parasitées durant l'Année expérimentale 2009 au cours de l'évolution de la cochenille blanche.

Tableau 1. Effectif des femelles parasitées durant l'Année 2009

Stades Sortie	FM	%	FP	%
03/01/2009	2	0,35	4	2,78
14/01/2009	6	1,06	0	0,00
27/01/2009	4	0,71	0	0,00
09/02/2009	1	0,18	3	2,08
23/02/2009	23	4,07	8	5,56
07/03/2009	31	5,49	13	9,03
16/03/2009	28	4,96	4	2,78
25/03/2009	16	2,83	24	16,67
04/04/2009	13	2,30	2	1,39
14/04/2009	33	5,84	3	2,08
25/04/2009	1	0,18	0	0,00
06/05/2009	14	2,48	2	1,39
17/05/2009	13	2,30	3	2,08
31/05/2009	18	3,19	3	2,08
09/06/2009	41	7,26	17	11,81
20/06/2009	39	6,90	9	6,25
30/06/2009	20	3,54	8	5,56
12/07/2009	44	7,79	4	2,78
21/07/2009	30	5,31	10	6,94
02/08/2009	5	0,88	2	1,39
11/08/2009	11	1,95	10	6,94
23/08/2009	33	5,84	2	1,39
01/09/2009	28	4,96	3	2,08

13/09/2009	24	4,25	0	0,00
23/09/2009	26	4,60	1	0,69
04/10/2009	9	1,59	1	0,69
13/10/2009	14	2,48	1	0,69
25/10/2009	17	3,01	0	0,00
03/11/2009	0	0,00	1	0,69
15/11/2009	3	0,53	4	2,78
28/11/2009	5	0,88	0	0,00
09/12/2009	10	1,77	0	0,00
22/12/2009	3	0,53	2	1,39
Total	565	100,00	144	100,00

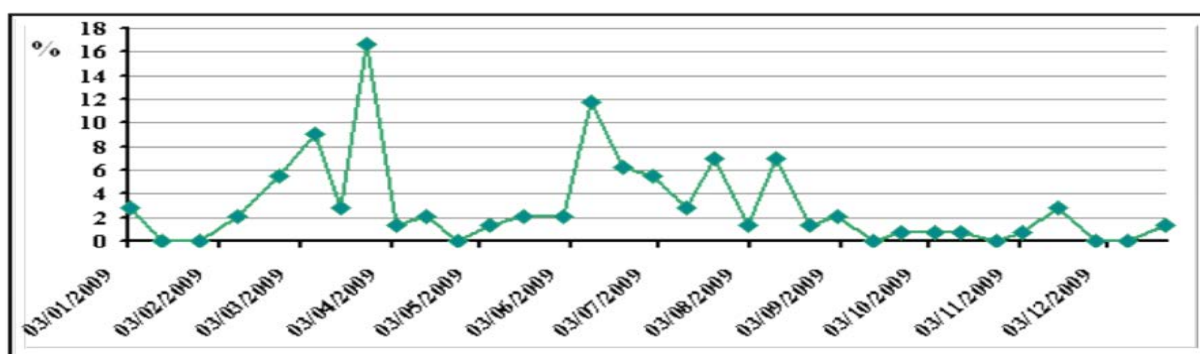


Figure 3. Le taux de prédation de la cochenille blanche

Discussion

Nous avons noté une diminution de taux de prédation durant le mois de janvier. A partir de mois de février, nous avons remarqué une augmentation des effectifs des femelles parasitées jusqu'à atteindre le pic de 24 individus/cm² au mois de mars. Cette valeur justifie l'action des prédateurs la plus remarquable durant cette période, et ce suite aux conditions écologiques favorables au développement des prédateurs.

Le taux de prédation a augmenté aussi en été avec un maximum de 17 individus/cm² ou les prédateurs ont contribué à la destruction de la population de la cochenille blanche et ce également suite aux conditions écologiques favorables du milieu.

D'après Chelli (1996) ; Boussaid et Maache (2001), le printemps est la saison la plus favorable au développement des coccinelles prédatrices.

Collecte des prédateurs:

Dans notre site expérimental, nous avons obtenu deux types de prédateurs qui nous ont attiré par leur action. Ce sont les Coléoptères et les Névroptères.

Les Coléoptères (Fig. 4) sont représentés par les deux familles : *Coccinellidae* et *Nitidulidae*. Les *Coccinellidae* sont représentés par *Pharoscyrnus ovoideus* et *Pharoscyrnus numidicus*. Les *Nitidulidae* sont représentés par *Cybocephalus palmarum*. Les névroptères sont représenté par l'espèce *Chrysopa vulgaris*.

Djoudi (1992), dans les palmeraies de Sidi Okba a rencontré ce qui suit : *Pharoscyrnus setulosus*, *Pharoscyrnus onchorago* concernant les *Coccinellidae*, et *Cybocephalus palmarum* concernant les *Nitidulidae*.



Pharoscygnus numidicus



Cybocephalus palmarum



Pharoscygnus ovoideus

Figure 4. Les prédateurs de la cochenille blanche

4. CONCLUSION

Suite à nos résultats nous avons conclu que le développement de la cochenille blanche est affecté par les facteurs biotiques notamment les prédateurs et les facteurs abiotiques surtout climatiques. Nous pouvons dire aussi qu'il existe une relation entre le taux de prédation et l'activité prédatrice. Les résultats obtenus montrent que l'activité prédatrice est plus remarquable au printemps, chose qui nous permet de déterminer quand les périodes d'intervention contre ce ravageur.

Dans ce cadre, nous avons trouvé deux familles de coléoptères : *Coccinellidae* et *Nitidulidae*. Les *Coccinellidae* sont représentés par *Pharoscygnus ovoideus* et *Pharoscygnus numidicus*. Les *Nitidulidae* sont représentés par *Cybocephalus palmarum*. Les névroptères sont représentés par l'espèce *Chrysopa vulgaris*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Amorsi, (1975) : Le palmier dattier en Algérie. Options méditerranéennes N°25, 128P.
- Anonyme., (2008b) : Fiche technique. Ed. SRPV Biskra.
- Balachowsky A., (1939) : Les cochenilles de France d'Europe, du Nord de l'Afrique et du bassin méditerranéen. Ed. Herman et Cie. Paris Coll. Act. Sci. Ind. T.III, 242 p.
- Bousaid L. et Maache L., (2001) : Donnée sur la bio-écologie et la dynamique des populations de *Parlatoria blanchardi* Targ., 1868 (Homoptera, Diaspididae) dans la cuvette d'Ouargla. Mém. Ing. Agr. ITAS. Ouargla, 94p.
- Chelli A., (1996) : Etude bio-écologique de la cochenille blanche du palmier dattier *Parlatoria blanchardi* Targ (Hom. Diaspididae). A Biskra et ses ennemis naturels. Mémoire Ing. INA. El-Harrach, 101p.
- Messak M. R. et Nezzar K.N. Ababsa F.S. (2008) : Compétitivité de la filière dattes en Algérie entre le potentiel avéré et l'impuissance constatée. Prospectives agricoles, N°3.INRAA.Alger, 20 p.
- Messar E. M. (1996) : Le secteur phoenicole Algérien : situation et perspectives à l'horizon 2010.Options méditerranéennes. Série A : Séminaire méditerranéens N° 28. Ed. CIHAM.Zaragoza, Espagne, Pp 23 –44.
- Munier P. (1973) : Le palmier dattier. Ed. G.-P. Maisonneuve et Larousse. Paris, 221 p.
- Souttou K. et Farhiy B. et Sekour M. et Guezoul O. et Doumandji S. (2007) : Actes des journées internationales sur la désertification et le développement durables. Ed CRSTRA, 4p.
- Vilardebo A. (1975) : Enquête diagnostic sur les problèmes phytosanitaires entomologiques dans les palmeraies du sud-est algérien. Bull. Agro. Sahar., 1 (3), Pp 1 –27.

Effet du Spinosad sur les infestations de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick, 1917 (Lepidoptera : Gelechiidae)

Aroun Mohamed El Fodhil¹, Labdaoui Zine El Abidine², Djazouli Zahreddine¹

¹Département des Sciences Agronomiques, Faculté des Sciences Agronomiques et Vétérinaires, Université SAAD DAHLAB, Blida, Algérie

²Département des Sciences Agronomiques, Université, Mostaganem, Algérie

RESUME

Tuta absoluta M. connu sous le nom de la mineuse de la tomate est originaire de l'Amérique latine. Introduite dans le Bassin méditerranéen en 2006, en Espagne. Elle a été détectée en Algérie dans la région de Mostaganem en 2008. Ce bio-agresseur est très redoutable pour les cultures de tomate, pouvant provoquer jusqu'à 100% de perte de production. Dans le cadre d'un programme la lutte intégrée en collaboration avec l'Institut National de la Protection des Végétaux de Mostaganem. Nous avons réalisé une étude comparative de l'effet du Spinosad contre *T. absoluta*, sur deux variétés de tomate, la Nedjma et Zoubida dans la région de Sidi Lakhdar « Wilaya de Mostaganem ». Ce bio-insecticide s'avère peut efficace sur les larves de ce ravageur, développant ainsi un début de résistance vue la rapide reprise cénotique des infestations.

Mots clés : abondance, *Tuta absoluta*, tomate, Spinosad.

SUMMARY

Tuta absoluta Meyrick (Lepidoptera : Gelechiidae) known as tomato leafminer is from Latin America. Introduced in the Mediterranean (Spain) in 2006. It was detected in Mostaganem in 2008. This bio-aggressor is very dangerous for tomato crops, which can give birth to 100% of loss of production. As part of integrated pest management program with the National Institute of Plant Protection of Mostaganem. We conducted a comparative study of spinosad effect against *T. absoluta* on two tomato varieties, Nedjma and Zoubida in the region of Sidi Lakhdar " Mostaganem". This bio-insecticide is not very effective against larvae of this pest, developing an early resistance.

Key words: abundance, *Tuta absoluta*, tomato, Spinosad.

1. INTRODUCTION

Les cultures de tomate sont soumises à plusieurs contraintes d'ordre abiotique et biotique. Parmi ces dernières, la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta*M. est un microlépidoptère Gelechiidae introduit pour la première fois dans le bassin méditerranéen en 2006, en Espagne (Urbaneja et al. 2007; EPPO, 2008a). Il est signalé à partir de 2008 en Algérie (Guenauoui, 2008 ; INPV, 2008). Ce bioagresseur primaire peut provoquer des dommages allant jusqu'à 100% de perte de la production (Guenauoui et Ghelamallah, 2008 ; Bensaad, 2011). Ces larves attaquent toutes les parties aériennes (feuille, fleur, tige et fruit) de la plante.

Plusieurs moyens de lutte ont été développés contre la mineuse de la tomate. Mais, c'est la méthode prophylactique qui est la plus efficace, car elle permet de contrôler l'infestation de la culture. D'autres méthodes dont la lutte chimique, la lutte biologique et la lutte intégrée sont appliquées contre ce bio-agresseur.

Plusieurs molécules chimiques, dont certaines biologiques sont utilisées pour lutter contre ce ravageur. En Algérie, plusieurs produits sont homologués et commercialisés dans le marché, comme l'Abamectine, l'Indoxacarb, le B.T « *B. thuringiensis* », le Spinosad et l'Emamectine Benzoate. Ce dernier bioinsecticide est considéré actuellement comme la molécule la plus efficace (Gacemi, 2011). Mais, dans la région de la Dahra (Mostaganem), le produit le plus utilisé est le Spinosad. Cependant, actuellement, plusieurs cas de résistance de la mineuse de la tomate sont signalés. Au Brésil, il a été démontré la résistance de *T. absoluta* à l'Abamectine, molécule appartenant à la famille des Avamectines, extraite à partir d'une bactérie « *Streptomyces avermitilis* » qui attaque le système nerveux de l'insecte en provoquant une paralysie irréversible (Siqueira et al., 2013). De même, les travaux de Wolstenholme et Kaplan (2012) précisent que la résistance aux lactones macrocycliques tels que le spinosad et l'ivermectine est créé et en augmentation en raison de l'utilisation intensive de ces pesticides.

C'est donc cet objectif que nous avons réalisé cette étude qui vise la mise en évidence de l'efficacité d'une substance biocide très utilisée dans la lutte contre la mineuse de la tomate en Algérie.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1-Site

Notre travail a été mené dans une exploitation agricole de la région de la Dahra, près du Douar Ouled El Baroudi, situé dans la commune de Sidi Lakhdar, à 66 kms à l'Est de la ville de Mostaganem. Les deux serres variétales expérimentales sont des abris serres tunnel d'une superficie de 400 m² chacun, recouvert d'un film plastique en polyéthylène.

2.2-Matériel végétal

Variété de tomate

Les variétés de tomate utilisées sont la Nedjma et Zoubida, issues de semence hybride F1, à croissance indéterminée.

Piège sexuel

La méthode de surveillance des périodes et intensités de vols des mâles de *T. absoluta*, nécessitait la mise en place au niveau de chacune des deux serres d'une cuvette colorée remplie au 2/3 d'eau, au-dessus de laquelle est suspendu un diffuseur d'une phéromone synthétique dont la composition chimique est tétradécatriényl acetate (E3Z11-14AC), fabriquée par la firme Rusell IPM.

Infestation sur plant

L'évaluation de l'importance des pontes et des infestations foliaires larvaires est déterminée par un dénombrement des œufs et des mines sous loupe binoculaire.

2.3-Méthodes

Conduite de la culture

Préparation des serres tunnel

Un labour superficiel et un nettoyage des restes du précédent cultural ont été réalisés au mois d'Aout 2012, avant l'épandage et l'enfouissement de la fumure de fond en Septembre 2012.

Installation de la culture

Le repiquage des plantules des deux variétés issues de la production de la pépinière de l'EAC a été réalisé le 20 novembre 2012. La distance entre les plants est de 40 à 50 cm et de 1 m entre les rangées.

Suivi de la culture

L'entretien de la culture a comporté l'élimination des mauvaises herbes par un désherbage manuel, la taille pour l'élimination des bourgeons axillaires, l'irrigation au goutte à goutte des plants et l'application de trois traitements par pulvérisation à base de spinosad, contre la mineuse de la tomate, réalisés à la dose homologuée 480 g/l, successivement le 18.04.2013, 28.04.2013 et le 02.06.2013.

Méthode de dénombrement

Echantillonnage

L'échantillonnage a été effectué par un dénombrement hebdomadaire entre le 17 mars 2013 et le 02 juin 2013, des mâles piégés, pontes et larves sur les plants des deux variétés.

Indice du risque d'infestation des mâles

Le prélèvement des mâles capturés est effectué une fois par semaine, afin de détecter la présence de ce ravageur et d'évaluer pour chaque variété l'indice du risque d'infestation. Le nombre de piège à installer par serre de 400 m² a été établi selon la norme ($S < 3500 \text{ m}^2 \Rightarrow 1$ piège) préconisée par anonyme (2009). L'indice du risque d'infestation est mis en évidence d'après les données des travaux de Monserrat (2009).

Tableau 1. Indice du risque en fonction des captures des adultes par semaine par les pièges à phéromone (Monserrat, 2009).

Nombre de captures	Indication du risque
0	Pas de risque
1-3	Risque très faible
4-30	Risque moyen
31-100	Risque élevé
>100	Risque extrême

Larves

Nous avons prélevés en adoptant la méthode aléatoire en diagonale à partir de dix (10) plants de chacune des deux variétés Nedjma et Zoubida, 30 folioles à raison de 10 par étage foliaire et par plant, afin de déterminer le nombre d'œufs et de larves par stades.

Calcul des surfaces des folioles et des mines

La méthode de calcul du logiciel de traitement de photos «Photoshop CS6» consiste à utiliser une feuille millimétrée qui est disposée sur une foliole. Dans une deuxième étape, nous prenons une photo de la foliole à l'aide un appareil reflex numérique « 1 million de pixels ». La troisième étape consiste grâce au principe du logiciel de faire ressortir grâce à un curseur le pourtour de la surface de la foliole, de la mine et d'un cm² de la feuille millimétrée et calculer leurs nombres de pixels. A partir de ces données, nous arrivons à déterminer la surface de la foliole et de la mine.

2.4-Méthode d'exploitation des résultats

Analyses de la variance (SYSTAT vers. 12, SPSS 2009)

Lorsque le problème consiste à savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions (date, formes biologiques, l'abondance et taux d'infestation), nous avons eu recours à une analyse de variance (ANOVA pour Analysis Of Variance) qui permet de vérifier la signification de la variable d'intérêt entre toutes les combinaisons des modalités, dans les conditions paramétriques si la distribution de la variable quantitative est normale. Le seuil critique adopté pour les différents tests d'analyse de la variance est de 5%. Dans les cas où plusieurs facteurs sont en jeu, il peut arriver que toutes les interactions entre facteurs ne soient pas pertinentes à tester. Nous avons alors utilisé le modèle linéaire global (G.L.M.).

Test des rangs signés de Wilcoxon pour échantillons appariés (PAST, vers. 1.97).

Ce test permet de comparer deux mesures d'une variable quantitative effectuées sur les mêmes sujets (mesures définies par les modalités de la variable qualitative). C'est une alternative au test t de Student lorsque les hypothèses de ce dernier ne sont pas valables (distribution normale de la variable quantitative, égalité des variances dans les deux groupes).

3. RESULTATS

Etude de la fluctuation des abondances de *Tuta absoluta* sur les deux variétés

L'évolution de l'abondance globale de *Tuta absoluta* sur les deux variétés de tomate « Nedjma et Zoubida » pendant une période de 12 semaines du 17/03/2013 au 02/06/2013 (Fig.1) montre que la superposition des abondances globales de *T. absoluta* sur les deux variétés indique l'existence d'une similitude d'abondance durant les deux premiers mois, présentant deux pics d'abondance maximale dont le deuxième est plus important que le premier. Une diminution des populations est signalée au niveau des fluctuations globales dès la troisième décade du mois d'avril coïncidant ainsi avec les apports des traitements au Spinosad.

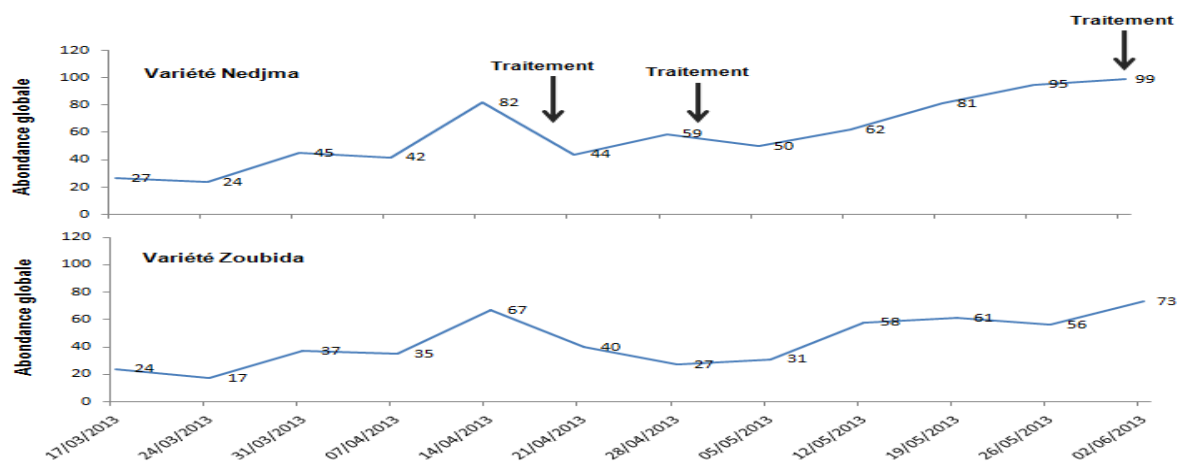


Figure 1. Abondance globale de *Tuta absoluta* sur les deux variétés Nedjma et Zoubida

Etude comparée des abondances de *Tuta absoluta* sur les deux variétés

Nous avons utilisé le modèle générale linéaire (G.L.M) pour étudier la variation temporelle de l'abondance des populations de la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* sous l'effet de la sensibilité variétale (Variété Nedjma et variété Zoubida) (Tableau 2). Ce model nous permet d'étudier l'effet strict des différents facteurs sans faire intervenir leurs interactions.

Tableau 2. Test GLM appliqué à l'abondance de *Tuta absoluta* sur les deux variétés

Facteurs	Somme des écarts	DDL	Moyenne des Ecarts	F-ratio	Probabilité
Période	400,875	11	36,443	2,420	0,007*
Stade	1838,094	4	459,524	30,512	0,000***
Variété	143,136	1	143,136	9,504	0,002*
Etage	46,050	2	23,025	1,529	0,218 ^{NS}
Var. Intra	5135,619	341	15,060	-	-

* :p<5% ; *** :p<0,1% ; NS :p>5%

La variation temporelle de l'abondance globale ou par stade biologique (Œufs et larves) ou par sensibilité variétale aux populations de *T. absoluta* présente des différences significatives avec des valeurs de probabilité associée très faible (Tableau 2). Cette analyse exprime également la présence d'une différence non significative de l'effet comparé des abondances au niveau des différents étages foliaires.

Une lecture globalisant l'effet variétal sur la fluctuation temporelle des abondances et la structuration des formes biologiques de *T. absoluta*, nous permet de constater que les pics d'abondances chez les deux variétés sont de plus en plus importants de la première décade du mois d'avril jusqu'à la dernière décade du mois de mai (Fig. 2a). La variété Nedjma reste la plus infestée (Fig. 2c), et les œufs constituent la forme la plus représentée (Fig. 2b).

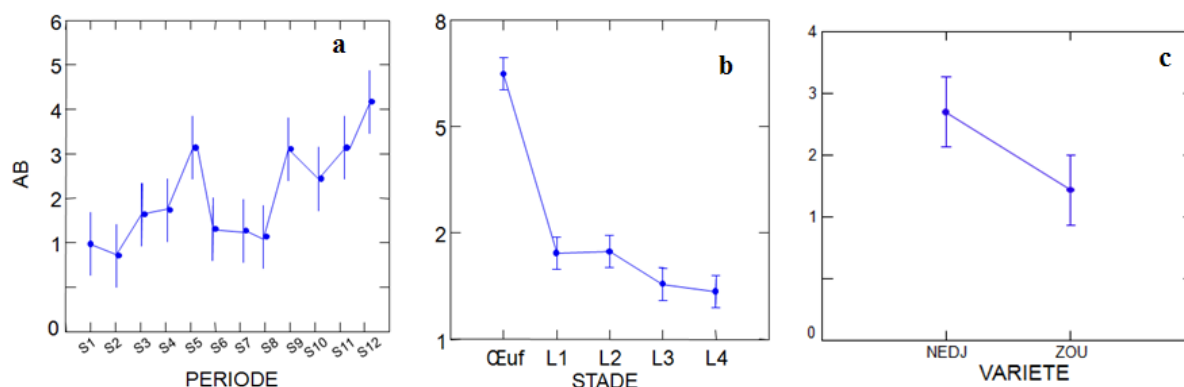


Figure 2. Effet comparé des abondances de *Tuta absoluta* sur les deux variétés

Afin de mieux visualiser les relations qui peuvent exister entre les différents facteurs étudiés, nous avons eu recours à l'analyse de la variance type ANOVA. Cette dernière nous permet de connaître les facteurs ayant un effet significatif sur la fluctuation temporelle des formes biologiques de *T. absoluta*. Les résultats du tableau 3, font ressortir que le rapport période- stade est nettement significatif ($p=0.009$), l'interaction des facteurs stade-variété est marginalement significative ($p = 0,059$), alors que les deux rapports période-variété et période-stade-variété sont non significatifs. Ce qui signifie qu'il y a une relation entre les périodes et le stade de développement, aussi le facteur variétal peut agir sur le développement des stades larvaires. La fluctuation temporelle de chaque forme biologique indique sans équivoque que le stade œuf est le plus caractérisé par la fluctuation temporelle dont les pics stipulent la présence de nouvelles générations (Fig.3).

Tableau 3. Analyse de variance des abondances de *Tuta absoluta* sur les deux variétés

Facteurs	Somme des écarts	DDL	Moyenne des Ecart	F-ratio	Probabilité
Période	400,875	11	36,443	2,372	0,008*
Stade	1838,094	4	459,524	29,904	0,000***
Variété	143,136	1	143,136	9,315	0,003*
Période*stade	1119,639	44	25,446	1,656	0,009*
Période*variété	32,031	11	2,912	0,189	0,998 ^{NS}
Stade*variété	142,017	4	35,504	2,310	0,059 ^{NS}
Période*stade* variété	199,983	44	4,545	0,296	1,000 ^{NS}
Var. Intra	3688,000	240	15,367	-	-

* : $p<5\%$; *** : $p<0,1\%$; NS : $p>5\%$

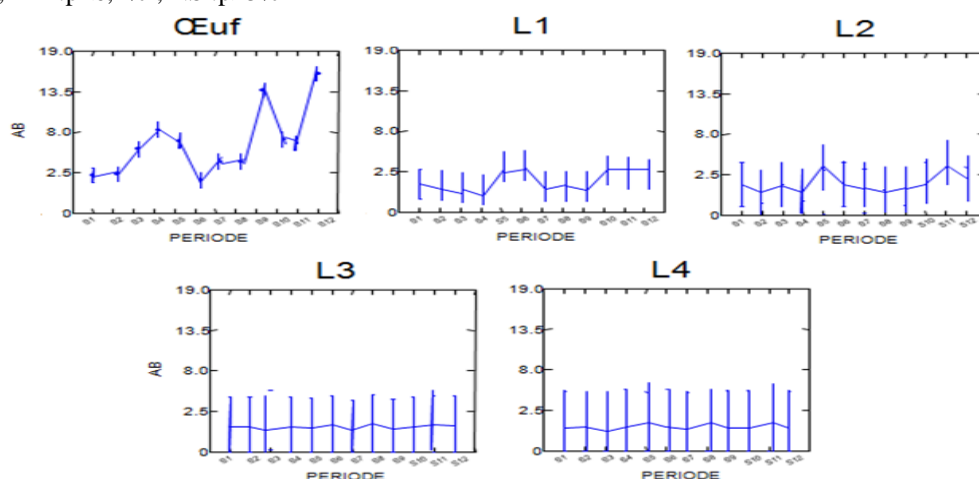


Figure 3. Abondance temporelle des formes biologiques de *Tuta absoluta*

Relation surface foliaire et surface minée par variété

Relation surface minée et stade larvaire

La surface des mines augmente en fonction de l'évolution du stade de développement (Fig.4). Le premier stade larvaire mine moins de surface que le deuxième et le troisième larvaire.

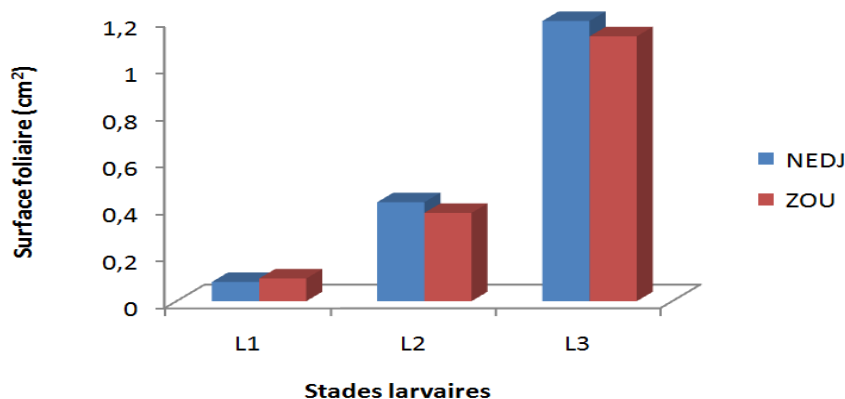


Figure 4. Surfaces minées par les différents stades larvaires sur les deux variétés

Etude comparée des surfaces minées par les stades larvaires de Tuta absoluta

Les valeurs obtenues par le biais du test GLM montrent la présence d'une différence significative pour les stades larvaires ($p=0,000$), cela explique la distinction entre les surfaces minées de chaque stade. En effet, la consommation du stade L_1 en termes de surface foliaire est significativement moins importante que celle consommée par le stade L_2 , elle-même inférieure à celle des larves du stade 3 (Fig.5a). Alors qu'il n'existe pas une différence significative par rapport à la variété. (Tableau 4 et Fig.5b).

Tableau 4. Test GLM appliqué à la surface minée par les stades larvaires de *Tuta absoluta* sur les deux variétés

Facteurs	Somme des écarts	DDL	Moyenne des Ecarts	F-ratio	Probabilité
Stade	61,161	2	30,581	817,671	0,000***
Variété	0,078	1	0,078	2,079	0,150 ^{NS}
Var. Intra	11,070	296	0,037	-	-

* : $p<5\%$; *** : $p<0,1\%$; NS : $p>5\%$

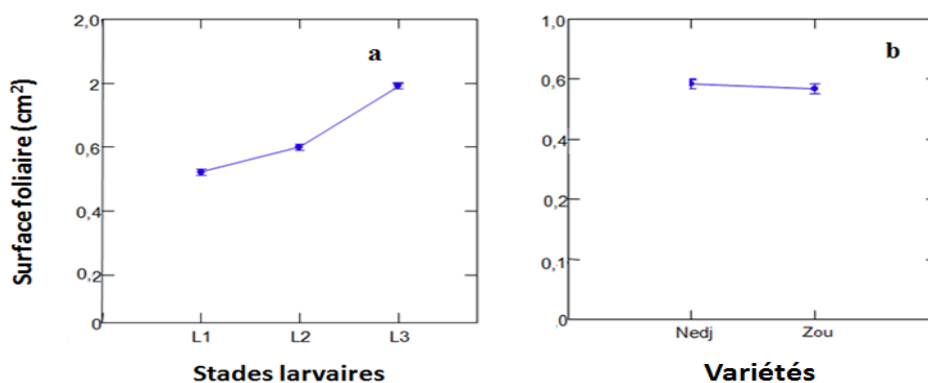


Figure 5. Evolution des surfaces foliaires minées sous l'effet des stades larvaires (a) et sous l'effet variétal (b)

Estimation des risques d'infestations de Tuta absoluta sur les deux variétés

Estimation temporelle des risques d'infestation de Tuta absoluta

Les résultats de la figure 6 affichent le risque potentiel d'infestation des adultes de *T. absoluta* sous serre. La méthode préconisée par Monserrat en 2009 a été adoptée pour mettre en évidence les périodes à risque. On remarque qu'il y a un risque modéré de l'infestation dès le début de notre échantillonnage. A partir de la 5^{ème} semaine, le nombre de capture pour la variété Nedjma augmente et dépasse même le seuil de risque élevé jusqu'à la 9^{ème} semaine, à partir de laquelle le nombre de capture diminue, mais qui reprend pendant la dernière semaine. Pour la variété Zoubida, la situation critique commence à partir de la 8^{ème} semaine.

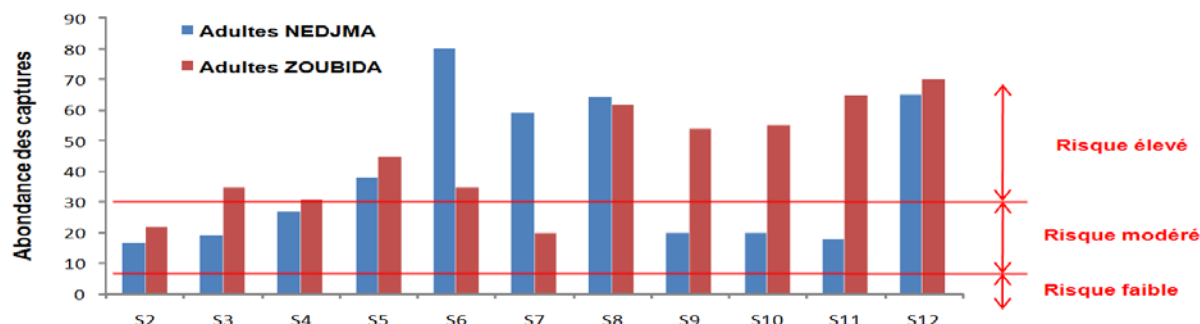


Figure 6. Niveau de risque d'infestation par les adultes de *Tuta absoluta* sur les deux variétés sous abri-serre

Évaluation comparée des vols, des pontes et des infestations larvaires de *Tuta absoluta*

Les résultats des graphes de la figure 7, expliquent la relation entre le nombre des mâles, les œufs et le premier stade larvaire. Sur les deux variétés, le pique des vols des adultes apparaît en premier suivi par la ponte des œufs et enfin par l'apparition du premier stade larvaire. Les traitements au spinosad diminuent l'infestation, mais n'empêchent pas la reprise cénotique.

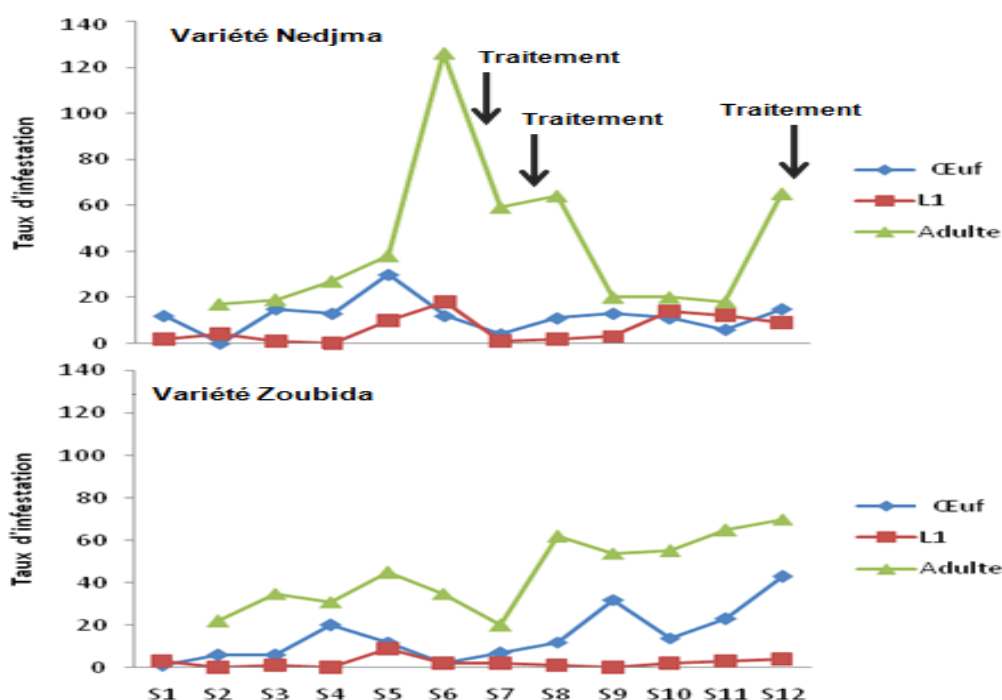


Figure 7. Taux d'infestation des différentes formes biologiques de *Tuta absoluta* sur les deux variétés

Le test de Wilcoxon (Test des rangs signés de Wilcoxon pour échantillons appariés) confirmé par le test de Monte Carlo est avancé dans le but d'apprécier la variation des taux d'infestations dans chaque point d'échantillonnage. La comparaison des effectifs dans chaque placeaux d'observation montre globalement que les infestations ne présentent aucune différence au niveau des blocs expérimentaux (Tableau 5). D'après les deux tests de Wilcoxon et Monte Carlo, on remarque qu'il existe une différence significative entre les infestations par le 1^{er} stade larvaire de *T. absoluta* sur les deux variétés.

Tableau 5. Evaluation du taux d'infestation des différentes formes biologiques de *Tuta absoluta* sur les deux variétés

	ŒufNED	ŒufZOU	L ₁ NED	L ₁ ZOU	AdNED	AdZOU
N	12		12		11	
MOY.	11,83	14,83	6,33	2,25	43	44,90
MED.	12	12	3,5	2	27	45
WILCOXON TEST	0,530 ^{NS}		0,057*		0,285 ^{NS}	
MONTE CARLO TEST	0,555 ^{NS}		0,060*		0,308 ^{NS}	

* :p<5% ; *** :p<0,1% ; NS :p>5% ; NED : Variété Nedjma ; ZOU : Variété Zoubida

4. DISCUSSION

Etude des abondances globales de Tuta absoluta sur les deux variétés

Depuis son introduction en Algérie, les agriculteurs utilisent le spinosad pour lutter contre *T. absoluta*. Des études réalisées en 2010 par Gacemi démontrent l'efficacité de cette matière active contre ce ravageur en provoquant la mort de 94% des larves dans des conditions de serre. Ce bioinsecticide utilisé dont la lutte contre les lépidoptères des cultures résulte du métabolisme secondaire de la fermentation aérobie d'un actinomycète du sol, *Saccharopolyspora spinosa*, contenant deux toxines, la spinosyne A et la spinosyne D (Thompson *et al.*, 1997). Les résultats de notre étude montrent que l'efficacité du Spinosad sur les populations larvaires globales varie selon les variétés et les périodes de traitement. En effet, les infestations larvaires sont plus importantes sur la variété Nedjma que sur la Zoubida. Ces résultats sont confirmés par les travaux de Chougar (2011) démontrant l'existence d'une résistance variétale sur d'autres variétés de tomate, ainsi que par ceux de John C. Reese *et al.*, menés en 1994 faisant apparaître le développement chez certaines variétés d'un mécanisme de résistance par antibiose et antixénose. En effet, Kogan (1994) illustre que la résistance de la plante hôte à un insecte peut s'exprimer via des propriétés de la plante à restreindre la croissance de la population des insectes ravageurs par antibiose et/ou antixénose, ou des capacités à compenser l'attaque. Nous constatons également que la première application du biocide provoque beaucoup plus de mortalité sur la variété Nedjma (50%) que sur la Zoubida (25%), tandis que la deuxième application réalisée selon les normes préconisées, une dizaine de jours après le premier traitement n'a presque aucun effet sur les populations globales larvaires, dont la reprise cénotique réapparaît juste après ce traitement sur les deux variétés. Ces résultats nous laissent supposer un début de résistance de *Tuta absoluta* à ce biocide. Effet, il ressort d'après le précédent phytosanitaire de l'exploitation que ce bioinsecticide utilisé dont la lutte contre les lépidoptères des cultures est le seul produit biocide utilisé et préconisé par les revendeurs des produits phytosanitaires aux agriculteurs de la région dans la lutte contre la mineuse de la tomate. En effet, les travaux de Wolstenholme et Kaplan (2012) précisent que la résistance aux lactones macrocycliques tels que le spinosad et l'ivermectine est un problème créé et qui est en augmentation en raison de l'utilisation intensive de ces pesticides. D'après ces mêmes auteurs, cette résistance au spinosad a été rapportée chez plusieurs espèces, comme *Leptinotarsa* (Mota-Sanchez *et al.*, 2006), la mouche domestique *Musca domestica* (Shono et Scott, 2003) et la noctuelle verdoyante, *Heliothis virescens* (Younget *et al.*, 2003). Chez ces espèces, il y a des preuves de résistance qui peuvent être induites soit par un métabolisme accru (Markussen et Kristensen, 2011) ou une conséquence de l'évolution mutagène du site cible, la nAChR Da6 chez les individus mutants (Roe *et al.*, 2010). Ainsi, des études réalisées sur le modèle d'insecte la drosophile du vinaigre, *Drosophila melanogaster* ont mis en cause la nAChR Da6, comme unité dans la détermination de la résistance-site au spinosad (Perry *et al.*, 2007; Watson *et al.*, 2010).

La variation temporelle de l'abondance des populations des stades larvaires et œuf de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* sous l'effet de la sensibilité variétale, montre que la variété Nedjma est la plus infestée, et que les œufs sont les plus abondants par rapport aux larves des stades 1-2 et 3-4. Cette différence peut être due comme nous l'avons précédemment expliqué à une différence de sensibilité variétale aux attaques larvaires de la mineuse de la tomate, mais dont les pontes restent importantes par le fait des phénomènes chimiotropiques développés par l'insecte ou par la plante, favorisant l'attractivité des femelles et la ponte. Par contre, la faible abondance des larves néonates (L₁) peut être la résultante d'une forte mortalité, provoquée par la non capacité des larves à percer l'épiderme

foliaire et à se nourrir, c'est-à-dire un type de résistance variétale envers les larves de stade 1, qui va se répercuter sur les faibles abondances en larves des stades 2, 3 et 4.

Relation surface foliaire et surface minée par variété

Les résultats obtenus montrent que la surface minée ne dépend pas du facteur variétal. La larve de *T. absoluta* n'a pas de préférence pour l'une des variétés. Aussi, on trouve que la surface minée par les larves du 3^{ème} stade est plus grande que celle du stade 2 qui est elle-même plus importante que celle provoquée par le 1^{er} stade. Ceci peut être expliqué par une augmentation de la voracité avec la croissance larvaire. En effet, cette différence de voracité est majorée 1,5 fois chez les L₂ et par six chez les L₃ par rapport à celle des larves du 1^{er} stade, démontre bien l'importance quantitative de la prise de nourriture nécessaire aux besoins vitaux d'entretien et de croissance chez les phytophages en général et chez les larves de la mineuse de la tomate en particulier.

Les résultats affichent que le risque élevé d'infestation des adultes de *T. absoluta* sous serre est plus précoce sur la variété Nedjma que sur la Zoubida. Cette différence d'infestation peut être attribuée à une différence d'attractivité variétale. Cette différence des risques d'infestation entre les variétés par les adultes est peut être due à une différence de sensibilité ou de perception des signaux chimiques attractifs et/ou répulsifs émis par les plants de tomate qui peut varier entre variétés selon les stades phénologiques et dont l'émission serait plus précoce par la variété Nedjma que celle de la variété Zoubida dont l'attractivité serait plus tardive n'a pu trouver une source d'attractivité adéquate sur la plante hôte. En effet, selon Douce (2005), les molécules responsables des propriétés odoriférantes, qui peuvent être excrétées par les plantes, se rencontrent essentiellement parmi les monoterpènes; telles que le citronéol, le géraniol, le camphre, le menthol, le β -pinène et le thymol. Ces mêmes résultats démontrent et vérifient bien l'inefficacité du spinosad dans la régulation et la limitation des populations larvaires et l'importance des vols des adultes, dont l'abondance des captures dépasse en permanence le seuil modéré, et très souvent le seuil élevé.

Le suivi des différentes formes biologiques montre l'existence d'une différence d'abondance des larves de premier stade qui est plus importante sur la Nedjma, par rapport aux œufs et adultes. Cette différence d'abondance variétale des larves du stade 1 peut être attribuée à une différence de capacité de pénétration des larves néonates qui semblent moins disposées à pouvoir perforer et pénétrer l'épiderme foliaire de la Zoubida que celui de Nedjma. Les travaux d'Oliviera *et al.* (2007) démontrent qu'il existe des variétés qui résistent à la pénétration de *T. absoluta* par antixénose en rejetant et ne pas laisser la larve pénétrer dans la feuille de la tomate. Le phénomène de reprise cénotique plus marqué sur la variété Nedjma, semble en dépendance d'une part de la sensibilité variétale et d'autre part, des traitements biocide dont l'effet semblent plus marqué envers les larves de stade 1 sur la Zoubida que sur la Nedjma.

5. CONCLUSIONS

Les résultats obtenus montrent que l'efficacité du Spinosad sur les populations larvaires globales varie selon les variétés et les périodes de traitement. Nous avons remarqué que la variété Nedjma est plus infestée que la Zoubida. La première application réduit l'infestation de 50% sur la variété Nedjma et 25 % sur la Zoubida, alors que, la deuxième application réalisée selon les normes préconisées, une dizaine de jours après le premier traitement n'a eu presque aucun effet sur les populations globales larvaires, dont la reprise cénotique réapparaît juste après ce traitement sur les deux variétés. La variation temporelle de l'abondance des populations des stades larvaires et œuf de la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* sous l'effet de la sensibilité variétale, montrant que la variété Nedjma est la plus infestée, et que les œufs sont les plus abondants par rapport aux larves des stades 1-2 et 3-4. Les résultats obtenus montrent que la surface minée ne dépend pas du facteur variétal. La larve de *T. absoluta* n'a pas de préférence pour l'une des variétés. La consommation du stade L₁ en termes de surface foliaire est significativement moins importante que celle du stade L₂, elle-même moins importante que celle des L₃. Le risque élevé d'infestation des adultes de *T. absoluta* sous serre est plus précoce sur la variété Nedjma que sur la Zoubida. Le suivi des différentes formes biologiques montre l'existence d'une différence d'abondance des larves de premier stade qui est plus importante sur la Nedjma, par rapport aux autres stades larvaires, œufs et adultes. A l'avenir, il serait intéressant d'étudier l'influence des constituants foliaires protéiques et/ ou minéraux, ainsi que l'effet des métabolites secondaires tels que les tanins, les mono et les sesquiterpènes sur l'attractivité ou la

résistance variétale des variétés de tomate contre *T. absoluta*, et de préconiser les méthodes adéquates à l'utilisation des insecticides, afin de réduire les infestations de ce ravageur et éviter les risques des résistances.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Douce R. (2005) : les molécules responsables des propriétés odoriférantes. Les plantes supérieures : divines et/ou diaboliques. Conférences et débats. Les défis scientifiques du 21^e siècle. Institut de France, Académie des sciences, 17p.
- EPPO (2008) : European and Mediterranean Plant Protection Organization reporting service-pests and Diseases, N°9, 28 p.
- Guenauoui Y. (2008) : Nouveau ravageur de la tomate en Algérie, Phytoma : N° 617 Juillet-Aout: 18-19.
- Guenauoui Y. and Ghelamallah A., (2008) : *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae) nouveau ravageur de la tomate en Algérie premières données sur sa biologie en fonction de la température; AFPP-8^{ème} conférence internationale sur les ravageurs en agriculture, Montpellier-22 et 23 Octobre ; 8 p.
- I.N.P.V. (2008) : Nouveau déprédateur de la tomate : États des lieux et programme d'action Note de L'Institut National de Protection des Végétaux, Ministère de l'Agriculture, Algérie, Juillet : 11 p.
- Markussen MDK, Kristensen M., (2011) : spinosad résistance au féminin *Musca domestica* L. à partir d'une population. Champ dérivé Manag Pest. Sci. ; 68,75-82.
- Monserrat Delgado, A. (2009) : la polilla del tomate "*Tuta absoluta*" en la región de murcia: bases para su control. mmarm. Consejería de Agricultura y Agua, Región de Murcia 74 p.
- Mota-Sanchez D, Hollingworth RM, Grafius EJ, Moyer DD. (2006) : Résistance et résistance croisée aux insecticides néonicotinoïdes et le spinosad dans le doryphore, *Leptinotarsa* (Say) (Coleoptera: Chrysomelidae) Manag Pest. Sci. ; 62 ; 30-37.
- Oliveira C.R.F., Cysneiros M .C .H. et Hatano Eduardo. (2007) : Occurrence of *Pyemotes* sp on *Tuta absoluta* (Meyrick) , Brazilian Archives of Biology and Technology, 50(6) : 929-932.
- Perry T, le juge McKenzie, Batterham P. (2007) :Une souche Da6 huitièmes de finale de *Drosophila melanogaster* confère un haut niveau de résistance à spinosad. Insect Biochem. Mol. Biol.; 37 ; 184-188.
- Phyllis Shaub Lamont and Dylan D. (1994) : Importance and Quantification of Plant Tolerance in Crop Pest Management Programs for Aphids: Greenbug Resistance in Sorghum' J. Agric. Entomol. 11(3): 255-270).
- Roe RM, Young HP, Iwasa T, Wyss CF, (2010) : Stumpf, Sparks TC, Watson Go, Draps JJ, Thompson GD. Mécanisme de résistance à Spinosyn à la tordeuse des bourgeons de tabac, *Heliothis virescens* . Pest. Biochem. . Physiol ; 96 :8-13.
- Shono T, Scott JG. (2003) :Résistance spinosad à la mouche domestique, *Musca domestica* , est due à un facteur récessif autosome sur 1. Pest. Biochem. . Physiol ; 75 :1-7.
- Siquera H.A.A., Gueddas R.N.C., and Picano M.C., (2013) : Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera ; Gelechiidae) : Agricultural and Forest Entomology, v. 2, n° 2, p. 147-153.
- Urbaneja A., Vercher R., Navarro V., Mari F.G. and Percuna J.L., (2011) : La polilla del tomate, *Tuta absoluta* : Hortícolas. Phytoma España, no. 194, p. 16-23.
- Watson Go, Chouinard SW, Cook KR, (2010) : Un spinosyne sensible *Drosophila melanogaster* récepteur nicotinique de l'acétylcholine identifié par induite chimiquement résistance cible du site, l'identification du gène de résistance, et l'expression hétérologue. Insecte Biochem. Mol.Biol. ; 40. : 376-384.
- Wolstenholme AJ, Kaplan RM. (2012) : Résistance aux lactones macrocycliques. Curr. Pharm. Biotechnol. ; 13. : 873-887.
- Young HP, Bailey WD, Roe RM. (2003) : Spinosad sélection d'une souche de laboratoire de la tordeuse des bourgeons de tabac, *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae), et la caractérisation de la résistance. Crop Protection. ; 22 :265-273.
- Kogan M. (1994) : Plant resistance in pest management. In: RL Metcalf, WH Luckmann (Eds.), Introduction to Insect Pest management, 3rd Edition. New York : Wiley, : 73-12

Thompson, G. D., H. H. Michel, R. C. Yao, J. S. Mynderse, C. T. Mosburg, T. V. Wordsen, E. H. Chio, T. C. Sparks, and S. H. Hutchins. (1997). The discovery of *Saccharopolyspora spinosa* and a new class of insect control products. *Down to Earth* 52: 1-5.

Bensaad R., (2011) : Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate, *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lep: Gelechiidae), mémoire de fin d'étude pour l'obtention du diplôme de magister, université de Mostaganem, P. 71.

Gacemi A., (2011) : Lutte intégrée contre la mineuse de la tomate *Tuta absoluta* Meyrick (Lepidoptera: Gelechiidae) : Dynamique des populations de *T. absoluta* sur tomate sous serre. Efficacité de deux bio-insecticides. Mémoire de Magister en Sciences Agronomiques, Université de Mostaganem, 87 p.

Evaluation de l'effet insecticide de l'huile essentielle de *Citrus aurantium* (Rutacées) sur la dynamique des populations de *Parlatoria ziziphi* Lucas. (Homoptera, Diaspididae)

¹ R. Belguendouz, ¹ Harchouche C., ² Biche M. et ¹ Houmani Z.

¹ Laboratoire de Plantes Aromatiques et Médicinales. Faculté des Sciences. Agronomiques et Vétérinaires
Université Saad DAHLEB de Blida. (Algérie)

² Laboratory of Zoology, National Institute of Agronomic Sciences (Algérie).

RESUME

Dans le cadre de la valorisation des plantes aromatiques et médicinales d'Algérie, nous avons choisi le bigaradier (*Citrus aurantium*), qui est utilisé uniquement comme porte greffe, pour évaluer l'activité insecticide de ces huiles essentielles (*Citrus aurantium*.L) sur les larves de *Parlatoria ziziphi* ravageur redoutable des agrumes. Pour cela, une infestation manuelle des plants de citronnier a été effectuée par des larves du premier stade déposées sur des feuilles non infestées. L'extraction d'huile essentielle des feuilles de *Citrus aurantium*. L, a été réalisée par hydro distillation et des dilutions de 0,4 µl/ml, 0,2 µl/ml et 0,1 µl/ml ont été préparées. Après traitement, le comptage d'individus vivants a été effectué après 24 h, 48h, 72h et 8 jours. Les résultats ont révélé que le rendement en huile essentielle des feuilles de bigaradier obtenu est de 0,8%. La durée de fixation des L1 pour choisir le meilleur site de nourriture sur les feuilles varie de quelques heures à 24 heures. Les L1 se développent et donnent les L2 après le troisième jour de la fixation. Le traitement par la dose D1 (0,4 µl/ml) a donné un effet choc sur les larves au premier jour, par contre les doses D2 (0,2 µl/ml) et D3 (0,1 µl/ml) ont eu un effet progressive jusqu'au 8ème jour. L'analyse de la variance révèle que le facteur dose et temps de contact avec l'huile essentielle, ont un effet très hautement significatif sur l'abondance des populations résiduelles de larves de *P. ziziphi* ($P=0,000$, $p<1\%$).

Mots clés: *Citrus aurantium*. L, feuilles, huile essentielle, *Parlatoria ziziphi*, bio-insecticide.

1. INTRODUCTION

Parlatoria ziziphi est une cochenille diaspidines à bouclier localisée surtout sur les agrumes. Les dégâts causés par ce ravageur sont considérables et inévitables. Elle est de ce fait considérée comme l'un des premiers principaux ravageurs de l'agrumiculture de la cote Nord d'Algérie (Biche, 2012). Dans la région de la Mitidja, cette cochenille cause des dommages pour le fruit qui devient insalubre et invendable et pour l'arbre, en provoquant des destructions cellulaires, installation de la fumagine qui empêche le bon déroulement de la photosynthèse.

Ces dégâts occasionnés ont nécessité un recours abusif à l'utilisation de pesticides de synthèse pour tenter de les combattre. La dangerosité de ces substances pour les milieux naturels et anthropisés comme l'apparition d'insectes résistants, l'accumulation des résidus pesticides dans les produits finis consommés (Regnault-roger *et al*, 2008), ainsi que pour la santé publique est un contexte favorable à la recherche de nouvelles pistes telles que l'utilisation des huiles essentielles à usages phytosanitaires. Certains métabolites secondaires contenus dans les plantes présentent une action défensive du végétal contre les ravageurs. Les activités pesticides de ces métabolites ont été mises en évidence par les observations empiriques des populations durant des siècles (Regnault-Roger *et al.*, 2002).

La toxicité des huiles essentielles est liée à la présence de certains sites fonctionnels oxygénés (Viaud. 1993). Leur mécanisme d'action particuliers, leur permet d'être utilisés seuls et à répétition sans potentiellement inciter le développement de la résistance chez les ravageurs, ou en alternance avec les pesticides de synthèse (Isman. 2000).

L'expérience populaire dans l'utilisation des parties végétales comme bio-insecticides, semble être le point de départ idéal pour trouver des plantes réputées pour leur activité insecticide pouvant être exploitées dans une lutte intégrée contre le pou noir de l'oranger. Notamment, le bigaradier (*Citrus aurantium*.L) qui a servi de porte greffe pour les citrus depuis longtemps, mais actuellement, il est abandonné pour sa grande sensibilité au Tristeza. (Anonyme, sd.). L'objet principal de ce travail consiste à évaluer l'activité insecticide de l'huile essentielle foliaire de *Citrus aurantium* sur le stade larves le plus sensible de *P. ziziphi* ravageur spécifique des agrumes, utilisée d'habitude comme source de composés aromatiques parfumés (Anonyme. 2008), antimicrobienne, antibactérienne et anti-insecticide contre *C. maculatus* et *S. oryzae* et *Z. Maispour*, (Aubuge, *et al*. 1989).

2. MATERIEL ET METHODES

2 kg feuilles de Bigaradier (*Citrus aurantium.L*) ont été récoltées le 9 mai 2012, à 5 km de Blida, en périodes de floraison et à 10h du matin. Seul les jeunes pousses saines sont récoltés afin d'obtenir une huile essentiel de meilleures qualité.

Ces feuilles ont été séchées à l'air libre et à l'abri de la lumière pendant 15 jours. Ensuite, stockées dans des sacs en papier et mis dans des flacons en verre pour les protégés de la lumière et de l'humidité.

Le pou noir *Parlaroria ziziphi*. Lucas

De jeunes arbres de citronniers (*Citrus limon var. Euréka*) cultivés dans la serre du département d'agronomie. Leurs feuilles sont contaminées par *Parlaroria ziziphi* par contact de feuilles infestées pendant 24 heures, suivi aussi tôt, du premier comptage sous loupe binoculaire au laboratoire, de larves de premier stade (L_1) avant traitement, ensuite chaque jours jusqu'au huitième jour après traitement par l'huile essentielle de feuilles de bigaradier.

L'extraction des huiles essentielles est faite par hydro distillation durant 3 heures à l'aide d'un appareil de type Clevenger. 50g de feuilles sèches dans 500ml d'eau distillé ont été servis pour identifier le rendement en huile essentielles estimé par la formule suivante : $R = (V/M) \times 100$

R : production d'huile essentielle en ml par apport à 100g de matière sèche.

V : Volume d'huile essentielle en ml.

M : poids de la matière végétal exprimé par apport à la matière sèche.

* Estimation de l'activité larvicide d'huile essentielle sur *P. ziziphi*:

4 doses (0, 0.1, 0.2, 0.4) ml/500ml d'huile essentielle de feuilles *Citrus aurantium.L* ont été préparées selon la méthode adapté et recommandé par l'OMS avec de l'éthanol et l'eau distillée (Who, 1981; Navarro *et al.*, 2003; Omena *et al.*, 2007). L'application du traitement sous serre a été effectuée par pulvérisation manuellement sur 10 feuilles choisies au hasard infestées par *Parlaroria ziziphi*. Le témoin a été pulvérisée par de l'eau et l'éthanol.

L'estimation de la toxicité est réalisée par le dénombrement des populations résiduelles des larves de *P. ziziphi* effectué après 24H, 48H, 72H et 8 jours du traitement, par selon le test de Dunett, qui correspond au nombre des formes vivantes restantes chez les populations traitées, lequel est rapporté aux formes vivantes présentes chez les témoins.

Les résultats ont subi une analyse statistique de la variance (past 0, 7), lorsque le problème était de savoir si la moyenne d'une variable quantitative varie significativement selon les conditions, et par le modèle générale linéaire global (GLM), pour connaître explicitement l'effet d'un facteur indépendamment.

3. RESULTATS

Détermination du rendement en huile essentielle de feuilles de bigaradier

Le rendement en huile essentielle des feuilles de bigaradier augmente progressivement, et le maximum atteint au bout de 2H est de 0.8%. (Fig. 1).

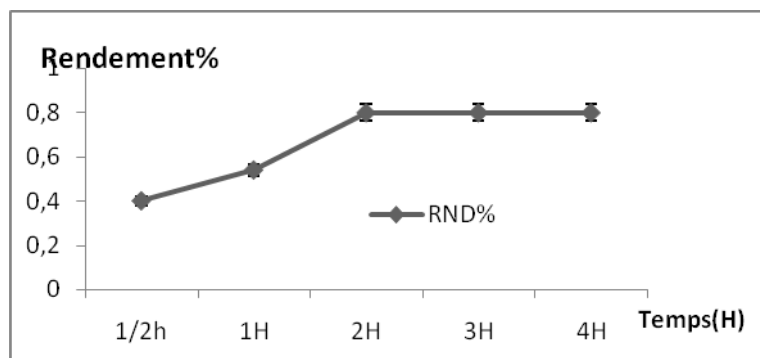


Figure 1. Variation temporel de l'huile essentielle des feuilles du bigaradier

Détermination de la durée de fixation des larves mobiles de P. ziziphi sur les feuilles de citrus limon

La fixation des L_1 mobiles après l'éclosion des œufs repose sur la durée de la recherche du site de nourriture convenable pour le développement de la cochenille. Cette période est évaluée à quelques heures. Après 24 heures de l'infestation, le taux global obtenu des larves fixées varie de 268-313 avec

une différence d'âge de quelques minutes à quelques heures. Ce stade larvaire fixe développe plusieurs mues qui commencent en premier de donner un bouclier blanc ensuite progressivement un bouclier noir après 48 heures. (Figure 2a).

Evaluation de l'effet Insecticide de l'huile essentielle de Feuilles du Bigaradier (*Citrus aurantium.L.*) sur le stade le plus sensible de *P. ziziphi*.

La diminution de la population du premier stade larvaire (mobile et fixe) ne signifie pas la mortalité totale de ce stade sous l'effet de l'huile essentielle, mais également le développement des individus et leur passage au deuxième stade larvaire.

Après une journée de traitement par les trois doses, aucun individu de L1 mobile n'est dénombré. La dose D1 a engendré une diminution de population de L1 fixées allant de (89-90,2)% du premier au deuxième jour de traitement, 94,78% au troisième jour de traitement. La D2 a fait diminuer la population de larves fixes de 34,92% entre le premier et le deuxième jour et de 80,88 % au troisième jour. La Concentration D3 n'a provoqué qu'une diminution moyenne variant entre 41,55 et 60,47% de larves fixes au deuxième jour. (Fig. 2b, 2c, 2d), ce qui a permis le développement des L1 fixées pour donner une population importante de L2. La diminution de nombre de larves L1 fixées après le troisième jour, signifie aussi le passage d'un nombre d'individus au stade larvaire suivant L2. (Figure 2b, c, d).

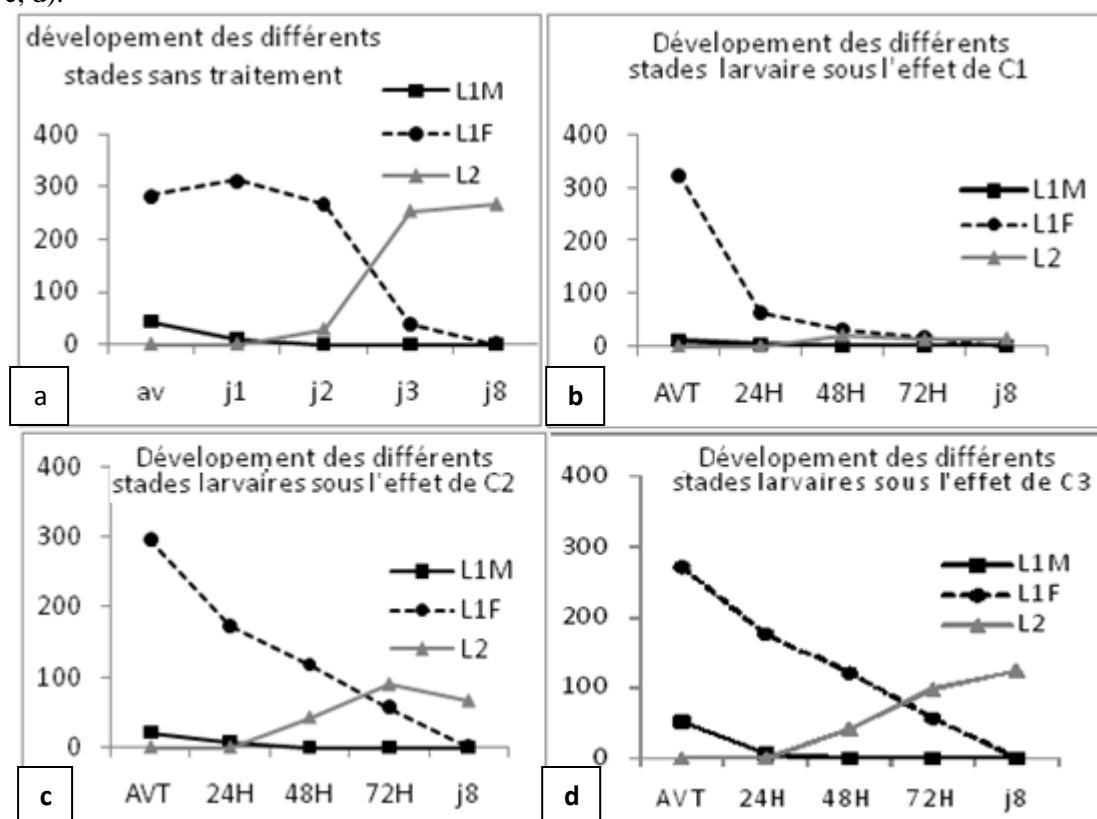


Figure 2. Evolution temporelle de la population du premier stade larvaire du lot traité et non traité par l'huile essentielle de feuilles de bigaradier.

L'analyse de la variance montre une différence hautement significative entre la mortalité du témoin (D0) et celles des lots traités par l'huile essentielle (D1, D2, D3). Cet effet est lié à la dose du traitement utilisée et la durée du contact ($p=0.000$; $p<1\%$). Le stade larvaire fixé montre une sensibilité au traitement très significative par rapport au stade mobile et le deuxième stade larvaire ($p=0.001$). Cette sensibilité est liée à la structure fragile et mince du bouclier new formé qui a permis l'infiltration de l'huile essentielle à la larve (Figure. 3).

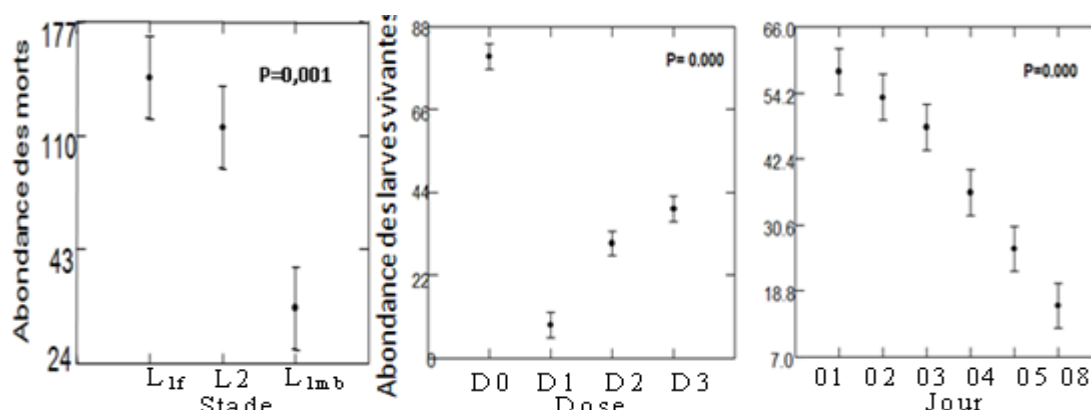


Figure 3. Analyse de la variance (test GLM) des abondances des populations larvaires de *P.ziziphi* sous l'effet toxique de l'huile essentielle de *C. aurantium.L.*

Evaluation de la toxicité de l'huile essentielle *C. aurantium.L* sur l'abondance de la population de *P. ziziphi*:

La comparaison de la toxicité de l'huile essentielle des feuilles de bigaradier par contact sur les populations larvaires de *P. ziziphi*, nous permet de conclure que le bigaradier a une toxicité variable selon les doses utilisées. Le pourcentage d'efficacité de la dose D1 (0,4ml) est de 94,38%, celui de la dose D2 (0,2ml) est de 74,9% et celui de la dose D3 (0,1ml) est de 53,93% (Figure. 2).

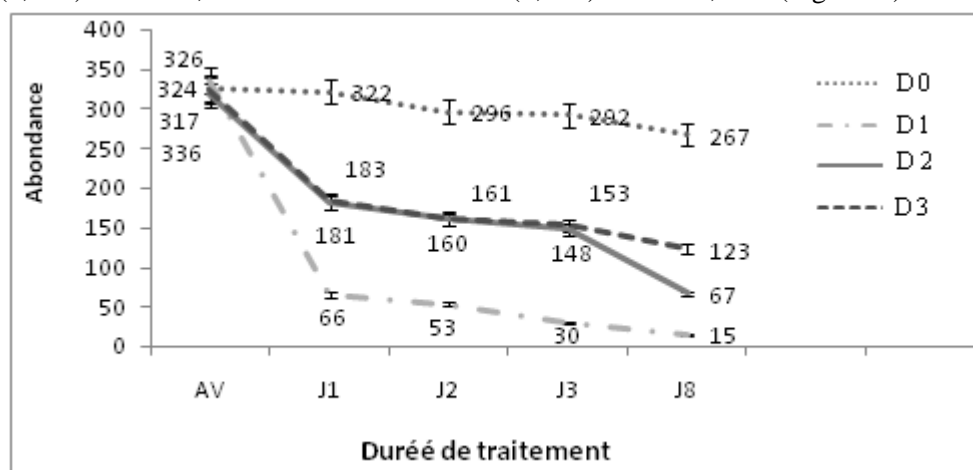


Figure 2. Abondance des populations larvaires de *P. ziziphi* sous l'effet des différentes doses de l'huile essentielle de *C. aurantium.L.* (D0 : lot témoin, D1, D2, D3 : doses).

4-DISCUSSION

Nous remarquons que les trois concentrations d'huile essentielle possèdent un effet larvicide significatif avec une mortalité de (89-90,2%) du premier au deuxième jour de traitement, avec un pourcentage d'efficacité qui augmentent avec les concentrations. Nous pouvons penser qu'il existe, dans l'huile essentielle de feuilles de bigaradier, une molécule ou une caractéristique physique, qui a un effet larvicide sur *P. ziziphi*. Cet effet biocide est déjà signalé par Haubridge et al., en (1989) ou l'huile essentielle de petit grain bigarade a été très toxique contre *Sitophilus zeamais* et provoquant ainsi une mortalité de 96% après 7 jours. Regnault-Roger, et al. 2008; a démontré que l'activité insecticide de deux variétés d'agrumes, a donné un résultat satisfaisant, surtout pour ce qui concerne l'HE de *Citrus aurantium.L* (LC50 = 4.8 mg/dm³) contre les moustiques (*Musca Domestica L.*), ainsi que Jung-Ok Kong, et al. (2006), ont aussi noté l'effet nématicide de l'HE de *Citrus aurantium.L* des fleurs du bigaradier, avec un taux de mortalité de 85% après 24H.

Le rendement des feuilles de *Citrus aurantium* est de 0,8%. Cette valeur peut varier en fonction d'un grand nombre de paramètres: - **d'origines naturelles:** (El abed et al (2003) in Badraoui, et Kheddaoui. 2011c), notamment, les conditions écologiques, les variétés, le stade phénologique, l'état sanitaire (Simonnet et al, 2008) in Badraoui, et Kheddaoui. 2011.c. En 1997, Gilly attire l'attention que les rendements des huiles essentielles Varient selon l'époque, l'organe à traiter et les conditions

du climat et du sol influencent considérablement sur la formation des essences. D'après Shirley, (2001) in Badraoui, et Kheddaoui. (2011c), la qualité d'une huile est sous l'influence de la composition chimique et les métabolites produits lors du fonctionnement physiologique de la plante qui varie d'une saison à une autre.

- et **d'ordre technologiques** (Praloran ; 1972) in Badraoui, et Kheddaoui. 2011c), les procédés d'extraction, le type de solvant (Bruneton (1993) in Badraoui, et Kheddaoui. 2011c), les pratiques culturelles, l'apport d'engrais, le régime hydrique et l'exposition qui influent aussi sur le rendement et la qualité des huiles essentielles. Des tests ont confirmés que le traitement par l'huile essentielle peut être très efficace pour lutter contre les ravageurs. Néanmoins, la quantité totale des huiles essentielles produites par les industries chimiques est faible (Bruneton, 1993).

5. CONCLUSION

Au regard de ces résultats, nous pouvons conclure que l'huile essentielle de feuilles de bigaradier est toxique vis-à-vis des larves du premier stade fixé de *Parlatoria ziziphi*, ravageurs des agrumes, avec un effet insecticide moins important contre les larves de deuxième stade larvaire, ces dernières ont un bouclier plus développé que celui des précédentes. La dose D1 (0,4ml) a donné un meilleur taux de mortalité (88,95%) sur les L1 fixées dès le premier jour de traitement. Ceci nous amène à dire que l'huile essentielle de *Citrus aurantium*, est prometteuse comme source de Bioinsecticides et ouvre des perspectives dans le domaine de la lutte biologique, dans le cas où nous envisageons la récupération du fruit de *Citrus aurantium* qui est généralement perdu dans la nature ou très peu exploité et, d'étudier la composition chimique temporelle de l'huile essentielle pour cibler les molécules responsables de l'effet insecticide et de sa toxicité.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anonyme, (2008). www.aquadesign.be.
- Anonyme, sd.- Biovergel, Agrumes. (<http://www.alterbio.com>)
- Biche M., (2012). Les principaux ravageurs des agrumes en Algérie et leurs ennemis naturels. Guide pratique, Programme régional de Gestion Intégrée des Ravageurs des cultures au Proche Orient, GTFS/REM/070/ITA, 36p.
- Haubrudge H., G. Lognay, M. marlier e, P. Danhier, J-C. Jilson, Ch. Gaspar . Med. Fac. Lanbouww. Rijksuniv. Gent 54/3b. (1989). Etude de la toxicité des cinq huiles essentielles extraites de Citrus sp à l'égard de *Sitophilus zeamais* Motsch (col., Curculionodae) *Prostephanus truncatus* Horn. (Bostrychidae) et *Tribolium castanum* Herbst (Col., Tenebrionidae). P: 1083-1093.
- Bruneton J. (1993) : Pharmacognosie, plantes médicinales, 2ème édition : Lavoisier, Paris, 464p.
- Badraoui. M, et Kheddaoui. A. (2011.(a)). Evaluation des rendements en huiles essentielles des écorces de fruits de trois variétés de bigaradier (ordinaire, marrakech, Apépu) par deux procédés d'extraction.projet de fin d'études en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en agronomie. Spécialité: production et amélioration des plantes. P : 5
- Gilly G. 1997« Les plantes à parfum et huiles essentielles à Grasse ». L'HARMATTAN, Paris, pp: 11-19.
- Isman, M.B. (2000). Plant essential oils for pest and di-sease management. CropProt. 19 : 603-608.
- Jung-Ok Kong, Sang-Myung Lee!,Yil-Seong Moon', Sang-Gil Lee! and Young-JoonAhn, (2006). Nematicidal Activity of Plant Essential Oils against *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae)School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University; Seoul 151-921, Republic of Korea[Southern Forest Research Institute, Korea Forest Research Institute; Jinju 660-300, Republic of Korea J. Asia-Pacific Entomol. 9(2): 173-178 (www.entomology.or.kr).
- Navarro, D.M.A.F., De Oliveira, P.E.S., Potting, R.P.J., Brito, A.C., Fital, S.J.F., Sant'Ana, A.E.G. (2003). The potential attractant or repellent effects of different water types on oviposition in *Aedes aegypti* L. (Diptera: Culicidae). J. Appl. Entomol. 127, 46– 50.
- Omena, M.C., Navarro, D.M.A.F., Paula, J.E., Luna, J.S., Lima, M.R.F., Sant'Ana, A.E.G., (2007). Larvicidal activities against *Aedes aegypti* of some Brazilian medicinal plants. Biores. Technol. 98, 2549–2556.
- Regnault Roger C., (2002). De nouveaux phyto-insecticides pour le troisième millénaire? , 18-39, in « Biopesticides d'origine végétale » , C.Regnault Roger, BJR Philogène et C.Vincent (Eds), Tec et Doc Lavoisier, Paris.

- Regnault-Roger C ; PhilogèneB ; Vincent C, (2008). Biopesticide d'origine végétale. Editions Tec Et Doc / Lavoisier. P : 26.
- Simonnet et al, 2008) in Badraoui, et Kheddaoui. (2011.c) :Viaud H. (1993), Thérapeutiques naturelles - GNOMA Ed.
- WHO (1981). Instructions for Determining the Susceptibility or Resistance of Mosquito Larvae to Insecticides. WHO-VBC 81-807, World HealthOrganization, Geneva. pp. 1–6.

Sélection de deux méthodes pour l'évaluation de la sensibilité de quelques génotypes de pistachier aux attaques de *Verticillium dahliae*

Mohamed Ali Triki*, Azza Chelli Chaabouni, Maryam Boudaya, Ines Hamemi, Samira Krid, Manel Cheffi, Ali Rhouma, and Radouane Gdoura
Institut de l'Olivier, BP 1087, 3018 Sfax- Tunisia
* E-mail : trikimali@yahoo.fr

RESUME

Dans le but d'étudier le comportement de quelques génotypes de *Pistacia atlantica* (PAV, PAX1, PAJ, PAJ2 and P3) et de *Pistacia vera* (cv. Mateur) vis-à-vis de *Verticillium dahliae* deux méthodes d'inoculation ont été testées : (i) trempage des racines des jeunes plants de pistachiers dans la suspension de spores de *V. dahliae* (10^7 spores ml^{-1}) et (ii) inoculation directe de l'inoculum fongique au niveau d'un site bien définie sur des jeunes rameaux de pistachier. Les résultats de la première méthode d'inoculation ont révélé un brunissement typique des vaisseaux conducteurs de sève sur les jeunes plants dépéris indiquant que la majorité des génotypes étaient moyennement sensibles à la maladie. Le génotype PAV de *Pistacia atlantica* a montré plus de tolérance à la verticilliose. Cette tolérance serait due à l'augmentation de la teneur foliaire en polyphénols totaux chez les jeunes plantes inoculées, en comparaison avec le témoin sain. Cette méthode s'est montrée assez sévère sur les jeunes plantes et peut être utilisée pour l'évaluation des différents degrés de résistance à la verticilliose dans les travaux ultérieurs.

La deuxième méthode d'inoculation, effectuée sur des rameaux de l'année prélevés sur des pistachiers âgés de 10 ans, a montré une importante invasion de *V. dahliae* à proximité du site d'inoculation avec des symptômes typiques de brunissement des tissus internes. Cette méthode a montré un ralentissement notable de l'extension de la maladie comparativement à la première technique d'inoculation effectuée sur les jeunes pistachiers. Elle a permis également de différencier entre les génotypes testés selon leur comportement vis-à-vis de l'attaque de *V. dahliae*. Ainsi, les deux techniques d'inoculations testées peuvent être utilisées pour la sélection des génotypes tolérants aux champignons telluriques à partir des ressources locales de Pistachier.

Mots clés: *Pistacia atlantica*, *Pistacia vera*, Verticilliose, méthode d'inoculation, sensibilité, tolérance.

1. INTRODUCTION

En Tunisie, la culture du pistachier présente une productivité très faible pour une superficie totale de 43 000 ha. La diversité génétique des ressources locales est encore mal connue et sous exploitée. Le manque de diversité des variétés et des porte-greffes est l'un des facteurs à l'origine de la faible productivité liée à cette culture.

Les recherches actuelles sont orientées vers la préservation et l'évaluation des ressources locales pour améliorer cette diversité et agir en faveur d'une agriculture durable. Ainsi, une meilleure connaissance des ressources locales, l'étude de leurs potentialités, l'évaluation de leurs performances en plein champs et leur sensibilité aux maladies fongiques sont parmi les principaux objectifs visés.

Dans plusieurs pays dans le monde, la culture du pistachier est menacée par plusieurs maladies telles que la verticilliose causée par *V. dahliae*. Ce champignon est capable d'infecter une large gamme d'hôtes comprenant plus que 200 espèces végétales. De nombreux travaux de recherche visant l'amélioration de la production de cette espèce ont pour objectif général la sélection de nouveaux génotypes de porte-greffe tolérants ou même résistants à cette maladie. Ainsi, notre objectif est d'évaluer le comportement des deux porte-greffes *P. vera* et *P. atlantica* vis à vis de *V. dahliae* agent de dépérissement du pistachier par deux méthodes d'inoculation.

2. MATERIELS ET METHODES

2.1. Matériel végétal

Des plants issus de semis des deux espèces de pistachier sont utilisés pour les tests de pathogénie de *V. dahlia*. Ils sont obtenus à partir de six génotypes de *Pistacia atlantica* (PAJ, PAV, PAJ₂, PAX₁ et P3) et de la variété Mateur de *Pistacia vera*. De jeunes rameaux issus d'autres génotypes de *Pistacia atlantica* âgés de 10 ans (PAA-01, PAB-02, PAE-06, PAF-06 et PAF-09) sont prélevés de la parcelle de

l'Institut de l'Olivier et utilisés pour les essais *in vivo*. Ces rameaux sont mis dans de l'eau distillée stérile pour éviter leur déshydratation.

2.2. Inoculum fongique

La souche de *V. dahliae* utilisée provient de la collection de l'Institut de l'Olivier (Triki *et al.*, 2011). Les suspensions de spores sont préparées après grattage d'une culture pure de *V. dahliae* de 15 jours sur le milieu PDA puis ajustées à une concentration de 10^7 spores/ml.

2.3. Etude de la sensibilité variétale à la verticilliose du pistachier

Dans le but d'étudier le comportement de quelques génotypes de *Pistacia atlantica* et de *Pistacia vera* vis-à-vis du *V. dahliae*, deux méthodes d'inoculation ont été suivies:

2.3.1. Inoculation par trempage : Cette méthode est similaire à celles suivie par Triki *et al.*, (2011), elle consiste à tremper les racines des jeunes pistachiers correspondant aux différents génotypes pendant une heure dans les suspensions de spores de *V. dahliae*. L'essai est conduit en bloc aléatoire complet avec 4 répétitions de 5 plantes par génotype et par traitement. La pathogénicité du *Verticillium* est estimée par une notation hebdomadaire de la sévérité de l'attaque sur les feuilles des plantes inoculées selon une échelle bien définie de 0 à 4 (Sesli *et al.*, 2010). La courbe d'estimation de l'aire sous la progression de la maladie « Area Under the Disease Progress Curve » (AUDPC) est également déterminée pour chaque génotype testé suivant Sesli *et al.*, (2012).

2.3.2. Inoculation sur des jeunes rameaux de pistachier : les jeunes rameaux prélevés sur des plantes en pleine sève sont désinfectés à l'eau de javel (2%) pendant 10 min puis rincés à l'eau distillée stérile. Une incision a été effectuée stérilement au centre de chaque rameau après désinfection locale avec l'alcool 70 °. Ensuite, des disques gélosés de 3 mm de diamètre d'une culture de *V. dahliae* âgé de 15 jours sont déposés au niveau de chaque site d'inoculation (contact direct avec le bois). Les blessures sont couvertes par la suite avec du coton stérile humidifié puis enroulées avec du parafilm. Dix rameaux pour chaque génotype sont effectués. Chez les témoins, seul des disques gélosés du milieu PDA stérile sont placés au niveau des sites d'inoculation. Les rameaux inoculés sont déposés dans un bac en plastique stériles contenant du papier hygiénique imbibé d'eau distillée stérile afin de garantir une humidité saturante. Les bacs sont incubés à l'obscurité à une température de 25°C. La notation consiste à mesurer l'extension de la zone de brunissement induite par *V. dahliae* au niveau des tissus internes des rameaux inoculés après 6 semaines de la date d'inoculation. Le suivi de la propagation de la maladie se fait par des coupes longitudinales à raison de 10 rameaux par observation.

2.4. Dosage des polyphénols totaux

Les polyphénols totaux sont extraits à partir de la matière sèche des parties aériennes (feuilles et tiges) suivant la méthode de Mau *et al.*, (2001). Ce dosage a pour but d'évaluer la relation entre la teneur en polyphénols chez les différents génotypes de pistachier testés et leur sensibilité à la verticilliose.

2.5. Analyse statistique

L'analyse de la variance des résultats obtenus est réalisée à l'aide du logiciel SPSS de Windows version 13. La comparaison des moyennes est effectuée suivant le test Duncan au seuil de 5% ($P=0.05$).

3. RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Etude de la sensibilité au *V. dahliae* par la méthode de trempage

La sévérité des symptômes sur les feuilles des plantules des différents génotypes de *P. atlantica* et de *P. vera* a été suivie durant 8 semaines. Les notations effectuées ont montré un comportement comparable des différents génotypes aux attaques de *V. dahliae*. En effet, Les symptômes de flétrissements des feuilles commencent à apparaître à partir de la deuxième semaine de l'inoculation chez la totalité des génotypes. Ce flétrissement est souvent unilatéral au niveau des jeunes pousses puis il se généralise sur les différentes parties de la plante. Les feuilles attaquées s'enroulent vers leur face supérieure, perdent leur coloration verdâtre virent au rouge brique puis au brun et se dessèchent

complètement. Elles deviennent cassantes et peuvent tomber au simple touché. Les résultats présentés dans la figure 1 ont révélé une importante tolérance du génotype PAV de *P. atlantica* à la verticilliose avec un indice moyen de sévérité ne dépassant pas 1,2 (Figure 1). Les génotypes PAJ, Mateur, PAX₁, et PAJ₂ se sont montré moyennement sensibles avec un indice variant entre 2,2 et 2,66. Cet indice moyen a atteint son maximum (I=3) chez le génotype P₃ qui s'est révélé le plus sensible à la maladie. Des travaux similaires effectués par Epstein *et al.* (2004) ont montré une tolérance très marquée de quatre porte-greffes de pistachier (*P.atlantica*, *P.integerrima*, PGII et l'UBCI) vis-à-vis de *V. dahliae*.

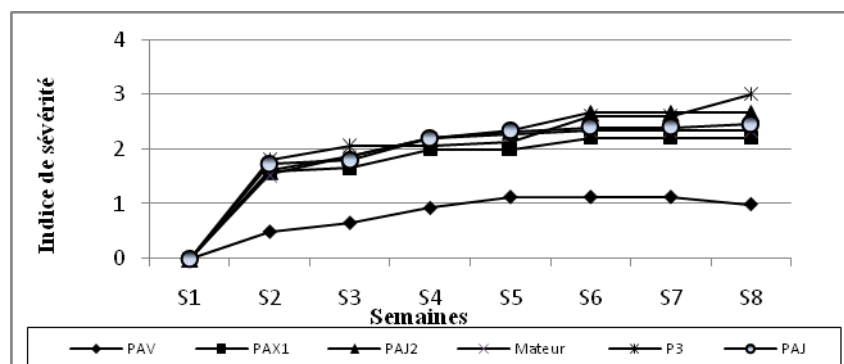


Figure 1. Evolution de la sévérité moyenne d'attaque *V dahliae* sur quelques génotypes de pistachier.

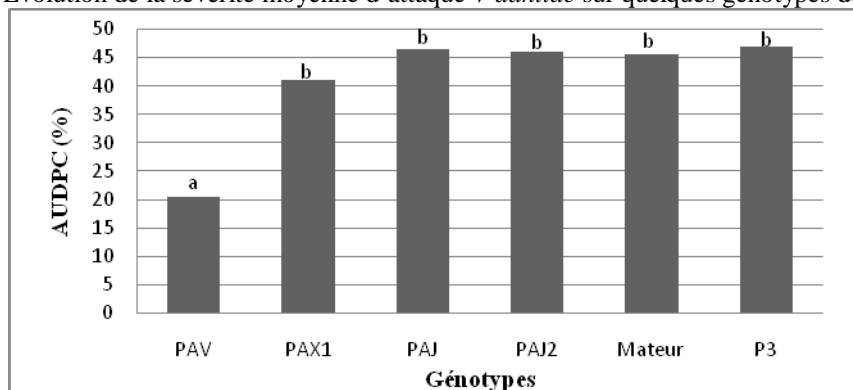


Figure 2. Diagramme d'AUDPC des différents par génotypes de pistachiers inoculés par *V. dahliae*

Les résultats obtenus sont confirmés par l'étude statistique de l'AUDPC (Figure 2). En effet, seul le génotype PAV de *P. atlantica* s'est montré significativement tolérant à la verticilliose comparativement aux autres génotypes avec une AUDPC de l'ordre de 21 %. Les autres génotypes testés se sont montré moyennement sensibles avec des valeurs d'AUDPC variant entre 41 et 74 %.

Les travaux de dosages des polyphénols totaux au niveau des feuilles ont dévoilé une teneur moyenne d'environ 25 ppm chez les plantes inoculées du génotype PAV. Cependant, ces composés n'ont pas dépassé la teneur de 10 ppm chez les plantes témoins et celles correspondant aux autres génotypes testés (Tableau 1).

Tableau 1. Teneur en polyphénols totaux au niveau de la partie aérienne de quelques génotypes testés

Génotype	Teneur en polyphénol (ppm)	
	Témoin	Inoculé
PAJ	9,3	7,7
PAV	11,9	25,5
Mateur	9	9,2

Selon Mohammedi (2006) et Piquemal (2008) ces composés ont un rôle important dans la prévention de la progression de l'agent pathogène chez la plante hôte. Ainsi, la tolérance de la plante à cette maladie serait liée à sa capacité de synthèse des polyphénols. Lepoivre (2003) a montré qu'au moment de l'attaque et à une concentration élevée, ces composés s'accumulent et forment un manchon qui isole totalement le pathogène. D'après Madi (2010), les composés phénoliques ont un rôle très

important dans la lutte contre les agents pathogènes. Il a montré également que les polyphénols possèdent des propriétés biologiques anti-oxydantes et anti-inflammatoires.

3.2. Etude in vivo de la sensibilité à la verticilliose par la méthode d'inoculation des jeunes rameaux

A partir de la 3^{ème} semaine de l'inoculation, une propagation remarquable du *V. dahliae* a débuté dans les tissus vasculaires des rameaux inoculés et s'est étendue à proximité du site d'inoculation. En effet, cette extension s'est traduite par un brunissement interne variable d'un génotype à un autre. Ces symptômes étaient nettement plus visibles 6 semaines après l'inoculation montrant ainsi une sensibilité remarquable du génotype PAF-06 avec une extension moyenne de la zone de brunissement supérieure à 4,5 cm. Les autres rameaux issus des arbres PAA-01, PAB-02, PAF-09 et PAE-06 ont montré une tolérance notable au *Verticillium* avec une extension moyenne de la nécrose variant entre 1.6 cm et 2.2 cm (Tableau 2).

Tableau 2. Extension moyenne du brunissement interne causée par *V. dahliae* sur les rameaux de différents génotypes de *P. atlantica* âgés de 10 ans (6 semaines après l'inoculation)

Génotypes	PAF-06	PAB-02	PAA-01	PAF-09	PAE-06
Extension (cm)	5,5 (a)	1,6 (bc)	2 (b)	2,1 (b)	2,2 (b)

Les résultats obtenus ont montré également que la méthode d'inoculation sur les jeunes rameaux a permis d'étudier le comportement de quelques génotypes de pistachier (*P. atlantica*) aux attaques de *V. dahliae*.

Les résultats signalés précédemment montrent l'importance des deux méthodes suivies pour l'évaluation de la sensibilité de quelques génotypes de pistachiers à la verticilliose. Cependant, les symptômes manifestés sur les jeunes rameaux issus de quelques génotypes de *Pistacia atlantica* âgés de 10 ans sont nettement plus lents que ceux exprimés sur les jeunes pistachiers (première méthode). Ceci est éventuellement dû à la lignification plus importante chez les tissus des arbres âgés capable d'inhiber l'extension de la maladie dans le bois interne.

4. CONCLUSION

La verticilliose est l'une des plus graves maladies qui menacent la culture du pistachier dans plusieurs parcelles conduites en irriguées et/ou précédemment cultivées par les cultures maraîchères sensibles aux attaques de *V. dahliae*. Bien que la résistance à la verticilliose ait été largement étudiée chez plusieurs espèces (coton, tomate, pomme de terre, chou, piment, colza,...) les travaux sur le pistachier restent encore fragmentaires et insuffisants. Aussi, le manque de diversité des variétés et des porte-greffes est l'un des facteurs à l'origine de la faible productivité liée à cette culture. De ce fait, le recours à l'étude de la sensibilité des portes greffes issus de génotypes performants représente une méthode préventive adéquate pour échapper à cette maladie dans les nouvelles plantations. Les résultats obtenus ont montré une tolérance importante du génotype PAV à la verticilliose due éventuellement à l'augmentation de la teneur foliaire en polyphénols totaux chez les jeunes plantes inoculées, en comparaison avec le témoin sain. Finalement, cette étude a montré l'importance des deux méthodes d'inoculations testées pour étudier la sensibilité de quelques génotypes de pistachier vis-à-vis de *V. dahliae*.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Epstein L., R. Beede, S. Kaur and L. Ferguson. (2004). Rootstock effects on pistachio trees grown in *Verticillium dahliae*-infested soil. *Phytopathology* 94: 388-395.
- Lepoivre P. 2003, *Phytopathologie*, Edition De boeck Université, Bruxelles Belgique, 415 p.
- Madi A. (2010). Caractérisation et comparaison du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales (Thym et Sauge) et la mise en évidence de leurs activités biologiques. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme de magistère, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Constantine, Algérie, 107 p.
- Mau, J. L., Chao, G. R., & Wu, K. T. (2001). Antioxidant properties of methanolic extracts from several ear mushrooms. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49, 5461-5467.

- Mohammedi Z., (2006). Etude du pouvoir antimicrobien et antioxydant des huiles essentiels et flavonoïdes de quelques plantes de la région de Tlemecen. Thèse de Magistère de l'université Abou Bakr Belkaid de Tlemcen, Algérie, 105 p.
- Piquemal G. (2008). Les flavonoïdes (en ligne) : http://www.detoursante.com/index.php?Option=com_content&view=article&id=166&Itemid=215
- Sesli M., Onan E., Oden S., Yener H. and E.D. Yegenoglu (2010). Resistance of olive cultivars to *Verticillium dahliae*. *Scientific Research and Essays*, 5, 12: 1561-1565.
- Triki M.A., Krid S., Hsaïri H., Ioos R., Gdoura R. and Rhouma A. (2011). Occurrence of defoliating *Verticillium dahliae* pathotype on olive in Tunisia. *Phytopathologia Mediterranea* 50: 267-272.

Quels traitements biologiques plus efficaces contre les defoliateurs forestiers dans le semi-aride algérien : potentialités biocides de la Verbenaceae *Lantana camara* L.

Bouzar Essaïdi K., Allal-Benfekih L., Djazouli Z.E

Laboratoire des Biotechnologies des productions végétales, Département des sciences agronomiques, faculté des Sciences de la nature et de la vie, Université de Blida, Algérie

Emails: acrido@yahoo.fr, khaled030365@yahoo.fr, zahr2002@yahoo.fr

RESUME

L'effet toxique et biocide de la Verbenaceae *Lantana camara* L. a été confronté à celui de l'entomopathogène formulé *Bacillus thuringiensis kurstaki* sur les chenilles de la processionnaire du pin. Le traitement bioinsecticide à base du *Btk* réalisé in situ à la dose de 5g/l sur les chenilles âgées s'est montré le plus efficace avec 64% de mortalité obtenue au bout d'une semaine d'exposition, avec un temps léthal pour tuer 50% de la population, égal à 4.5 jours. Des résultats originaux ont été mis en évidence concernant l'extrait aqueux foliaire de *L. camara* qui a présenté un effet répulsif remarquable avec un taux de mortalité de 57% atteint après une semaine de l'application du traitement. Les applications des flavonoïdes bruts et des C-glycosyls flavones sur la nourriture des larves ont conduit également à une diminution très rapide de leurs effectifs, contrairement aux anthocyanes.

Mots clés : *Lantana camara*, défoliateurs, processionnaire du pin, entomopathogène, forêts.

1. INTRODUCTION

Parmi les parasites menaçant les forêts Algériennes, la chenille processionnaire du pin *Thaumetopoea pityocampa* Schiff (Lepidoptera; Thaumetopoeidae), demeure le parasite le plus dévastateur touchant les peuplements résineux du genre *Pinus* et *Cedrus*. Ses pullulations sont temporaires avec des défoliations non négligeables dans les forêts naturelles, mais les plus sévères sont observées dans les reboisements, notamment en zone semi-aride (Zamoum et Demolin, 2005). Avec les opérations d'échenillage, la lutte microbiologique avec *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* est utilisée contre cet insecte ravageur, (Martin et Bonneau, 2006). Cependant, les recherches récentes ont souligné les activités des composés végétaux dans les mécanismes de stimulation de défense des plantes, pour se protéger contre leurs bioagresseurs, ou en tant que leur valorisation par les bioindustries. La flore Algérienne très riche et diversifiée est tout à fait originale de par le nombre d'espèces inventoriées représentée par 4125 plantes réparties en 123 familles botaniques (Kaabeche, 2007) dont les potentialités en métabolites de défense peuvent être exploitées contre les bioagresseurs. Dans ce présent travail, nous nous sommes proposés d'étudier l'efficacité biocide comparée des extraits aqueux des feuilles de la Verbenaceae *L. camara*, avec l'insecticide microbien homologué *B. thuringiensis* et le mélange combiné des deux produits sur les larves âgées de *T. pityocampa*.

2. MATERIELS ET METHODES

Nous avons choisi une station de *Pinus halepensis* régénérée après un incendie datant de 1974 et présentant des infestations de la processionnaire. Cette Station «Attatba» se situe dans la région de Tipaza (au niveau de la frange littorale ouest) à 36°35'36.72'' de latitude Nord et 2°41'26.42'' de longitude Est et distante de 8 km par rapport à la mer.

Préparation des solutions de traitements botaniques et microbiologiques

La plante *Lantana camara* a été récoltée en Janvier 2011 au niveau de la commune de Koléa. Les feuilles ont été triées, lavées et mises à sécher à l'étuve à 35°C pendant 72h. Après le séchage, les feuilles sont ensuite broyées jusqu'à l'obtention d'une fine poudre que nous avons ensuite conservé dans des sacs de cellophane à 4°C jusqu'à son utilisation. Ensuite, nous avons mis 100 grammes de poudre en solution avec 1 litre d'eau distillée. La solution obtenue a été mise sous agitation horizontale magnétique dans des flacons hermétiques, emballés avec du papier aluminium afin d'éviter toute dégradation des molécules par la lumière, à la température ambiante du laboratoire. Après 72 heures, le mélange est decanté, les surnageants sont filtrés successivement deux fois en utilisant du papier Wattman puis conservés.

Nous avons utilisé 10 g de poudre de la Bactérie de *Bacillus thuringiensis* (produit formulé "I.A.B-BT"), dans 2 litres d'eau distillée, 2 litres de solution aqueuse de *L. camara* et un mélange mixte avec 5 g de Bt additionné à 500 ml de solution aqueuse brute de *L. camara* auxquels nous avons rajouté 1.5 l d'eau distillée, pour le produit combiné.

Utilisation des traitements au niveau de la station forestière d'Attatba

Nous avons considéré au total 16 sujets infestés de Pin d'Alep, ayant une hauteur moyenne d'environ 2 à 3 m et caractérisés par un houppier plus moins dense. Pour chaque traitement biologique ainsi que pour les sujets non traités, quatre arbres, que nous avons considéré comme répétitions et comportant chacun un nid, ont été choisis. Chaque nid compte 100 à 200 larves pour les nids les moins et les plus volumineux respectivement. Les arbres sélectionnés ont été pulvérisés sur les cimes des arbres à l'aide de pulvérisateurs manuels d'une contenance de 2 litres. Les différents traitements ont été réalisés en février sur les nids comprenant des larves âgées de la processionnaire (stades L4 et L5) à une température variant de 3°C comme valeur minimale à 20°C pour la valeur maximale. Les sujets témoins ont reçu des pulvérisations d'eau distillée à raison de 2 litres pour les 4 arbres sélectionnés.

Traitements réalisés au laboratoire

Extraction des principes actifs des feuilles de *L. camara*

Pour l'extraction des flavonoïdes, nous avons considéré 5g de poudre fine végétale à laquelle sont ajoutés 40ml d'HCl. Ce mélange est mis dans un bain marie pendant 40mn à une température de 40°C. Après refroidissement et filtration, nous avons obtenu un extrait (43ml) de couleur vert foncé représenté par les flavonoïdes bruts. Nous avons ajouté à cet extrait 15ml d'éther diéthylique et 15ml d'éther. On obtient dans une ampoule de séparation deux phases, la phase supérieure qui reste dans l'ampoule à décanter, et une phase inférieure (73ml) de couleur rouge-orange représentée par les anthocyanes. Pour l'extraction des C glycosyls-flavones, nous avons ajouté à 43 ml de la solution des flavonoïdes bruts obtenue précédemment, 15 ml d'éther diéthylique et 15 ml d'éther puis 15 ml de butanol. Nous obtenons une solution à deux phases séparées où seule la phase supérieure est gardée et à laquelle on rajoute 15 ml d'HCl. Une autre phase supérieure est séparée de nouveau à laquelle on rajoute 10 ml d'HCl, séparation une troisième fois du produit où seule la phase inférieure est gardée: c'est la solution des C-glycosyls flavones (74 ml).

Dans une première expérience, nous avons utilisé 16 boîtes transparentes rectangulaires en plastique, d'une profondeur de 20 cm que nous avons recouvertes d'une fine moustiquaire, pour l'aération et répartis en 4 lots de 4 boîtes. Nous avons disposé dans chacune d'elles 50 larves (L4 et L5) avec des aiguilles de pin d'Alep pour leur alimentation. Nous avons utilisé les mêmes doses que celles utilisées pour les applications sur le terrain pour chaque type de traitement (Bt seul, *L. camara* seul et les deux produits combinés). Les pulvérisations ont été appliquées directement sur les aiguilles de pin, de manière à ce que tout le substrat soit bien imbibé.

Dans une seconde expérience, nous avons étudié la toxicité des principes actifs selon que le produit était administré comme tel (solution brute=dose) ou en demi dose du produit. Nous avons testé les extraits bruts des flavonoïdes totaux, des anthocyanes et des C-glycosyls-flavones obtenus, à raison de deux répétitions par traitement sur des lots composés de 50 chenilles âgées (L4 et L5) de la processionnaire. Les pulvérisations des solutions de traitements ont été directement appliquées sur la nourriture des larves composée de petites branches de pin fraîchement récoltée.

Evaluation des effets biocides et sur les chenilles

Les populations larvaires ont été dénombrées avant les applications des différents traitements et quotidiennement durant une période d'exposition au produit biologique testé à savoir: 24h, 48h, 72h puis 7 jours. Sur le terrain, les chenilles mortes pendent aux feuilles accrochées par leurs pattes. Il est facile de les dénombrer: on peut les retrouver en dehors du nid au sommet ou autour de ce dernier, mais aussi à la base des arbres traités.

L'efficacité des produits utilisés a été évaluée par la mortalité de l'organisme cible. Les pourcentages de mortalité ont été corrigés par la formule d'Abbott(1925)($MC = \frac{[M-Mt/100-Mt]}{100} \times 100$) où MC (%) est le pourcentage de mortalité corrigée, M le pourcentage des morts dans la population traitée et Mt le pourcentage des morts dans la population témoin. Les moyennes de mortalité ont été comparées par des ANOVA. En transformant les pourcentages de mortalité corrigée en probits (BLISS in Cavelier, 1976) et les temps d'exposition aux traitements en

logarithmes décimaux, on peut estimer le temps léthal pour tuer 50% de la population visée sur la base de l'équation de la droite de régression $y = ax + b$, où y représente les valeurs des probits des mortalités corrigées et x les valeurs des logarithmes décimaux des temps d'exposition. Le temps léthal 50 sera le nombre d'heures correspond au probit de 5.

L'évaluation de l'effet toxique des traitements à base des phytoextraits a été estimée par la comparaison des abondances exprimées en pourcentages des populations résiduelles (PR) en nous référant au test de Dunett. Le pourcentage des populations résiduelles (PR) des chenilles de la processionnaire est exprimé par le rapport du nombre de formes vivantes dans les lots traités sur le nombre de formes vivantes dans les lots témoins. Les différents pourcentages de PR obtenus permettent de déduire de la nature de la toxicité des substances contenues dans les phytoextraits utilisés: par exemple le produit utilisé sera considéré toxique pour la cible si les populations ayant survécu au traitement sont représentées par moins de 30%, alors que le produit testé aura un effet neutre si le pourcentage de survivants dépasse les 60%.

3. RESULTATS

Analyse comparée des effets biocides des produits biologiques sur les chenilles âgées in situ.

Les résultats obtenus à travers les comparaisons des moyennes des mortalités montrent qu'il y a une différence hautement significative entre les trois traitements ($p = 0.001$) et dans le temps ($p = 0.000$). L'interaction entre le traitement et le temps ne présente aucune différence significative ($p = 0.149$). D'une façon générale, le traitement *Bacillus thuringiensis* demeure toujours le plus efficace suivi par l'extrait aqueux des feuilles par agitation de la plante *Lantana camara* puis le mélange (Bt+Lc). Le temps léthal pour tuer 50% de la population est de 110 heures (4.58 jrs) pour *Bacillus thuringiensis* (Bt), 144 heures (6 jrs) pour l'extrait aqueux des feuilles *L. camara* (Lc) (Figure 1). Concernant le mélange (Bt+Lc), le temps léthal pour tuer 50% de la population est de 235 heures (9.9 jrs). L'effet bactéricide de la plante (Ali Emmanuel et al., 2002) pourrait inhiber l'effet du Bt sur les chenilles processionnaires du pin d'où cette efficacité très faible observée pour le traitement combiné.

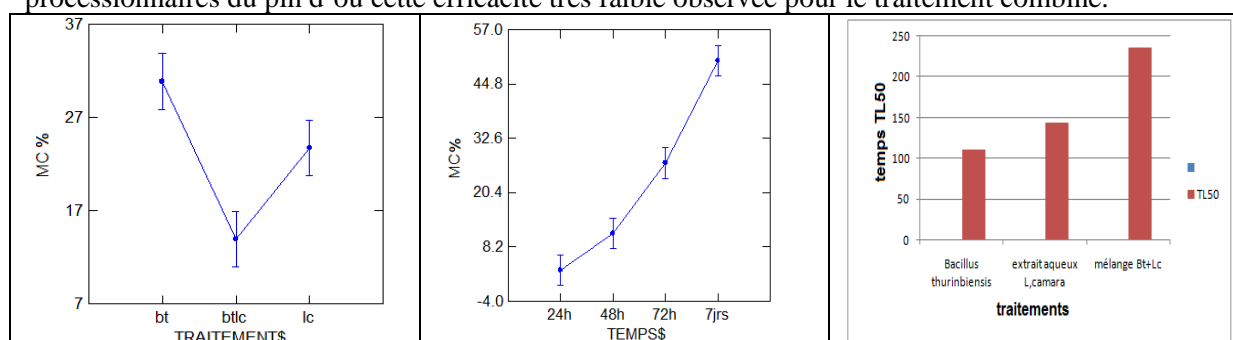


Figure 1. Mortalité comparée entre les traitements dans le temps et TL50 des traitements insecticides biologiques utilisés.

Analyse globale de l'efficacité des traitements biologiques sur les chenilles de T. pytiocampa au laboratoire

Quelque soit le traitement utilisé avec la solution bactérienne de *Bacillus thuringiensis kurstaki* homologuée, la solution de l'extrait aqueux brut de *Lantana camara* ou bien le mélange des deux préparations; on constate que les mortalités corrigées augmentent à des pourcentages faibles compris entre 10% et 20% dans l'intervalle temporel 24h-48h. A partir du 2^e jour après application des différents traitements biologiques, l'augmentation de la mortalité corrigée chez les chenilles est importante. Les pourcentages cumulés atteignent le double de ceux observés 1 jour après les applications notamment avec le Btk. En revanche, les mortalités des chenilles se stabilisent entre 48h et 72h concernant les traitements biologiques à base de l'extrait de *Lantana* seul ou celui du mélange (*Lantana*+Btk). A partir de 72h après les applications de tous les traitements, nous obtenons une augmentation très rapide des mortalités qui vont atteindre le maximum à la fin des observations au bout d'une semaine (Figure 2).

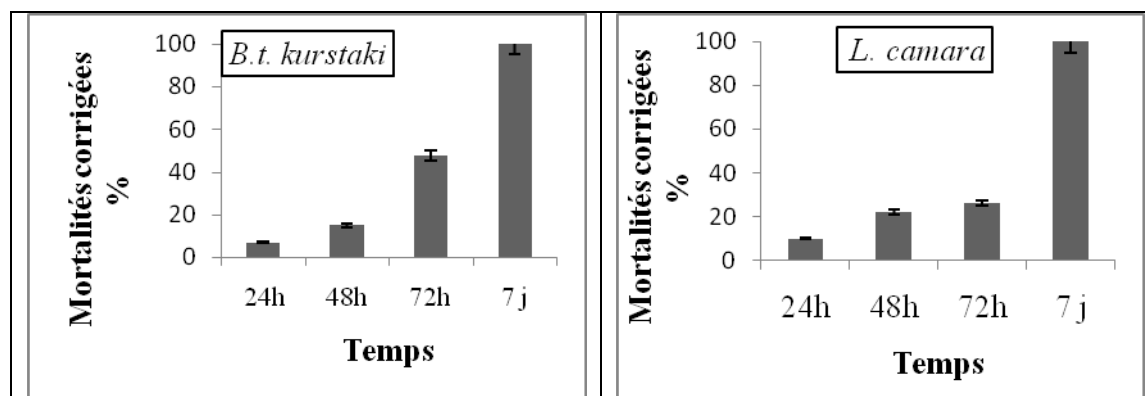


Figure 2. Variation temporelle des mortalités des chenilles de *T. pityocampa* sous l'effet des traitements biologiques au laboratoire.

La mortalité est relativement faible après 24h de l'application du traitement combiné par rapport aux deux autres, Btk seul ou Lc seul. A 48h, la mortalité augmente de manière similaire pour les trois traitements mais elle reste faible. A 72h, il se produit une nette augmentation de la mortalité des chenilles avec le Btk alors qu'elle reste sensiblement inférieure avec le traitement à base du mélange de deux produits biologiques. Après 7 jours d'exposition, toutes les chenilles sont mortes quelque soit le traitement utilisé.

Les mortalités varient considérablement dans le temps mais indépendamment du traitement lui-même avec une différence très hautement significative ($p < 1\%$).

Evolution des populations résiduelles des chenilles de T. pytiocampa sous l'effet des principes actifs de l'extrait aqueux de L. camara.

La classification hiérarchique (Past vers.7.1, Hammer et al., 2001) sur la base de la distance de similitude égale à - 0.23 montre 4 groupes de variables. Le groupe 1 est caractérisé par la présence des flavonoïdes corrélé avec les variables temporelles 6h et 12h, ce qui correspond à des populations résiduelles abondantes. Le groupe 2 rassemble les anthocyanes corrélées très faiblement aux vecteurs des temps 24h, 48h et 72h, ce qui correspond à un effet nul de ces principes actifs sur les chenilles (Figure 3). On remarque que le groupe des c-glycosyls flavones montre une disparité par rapport aux autres groupes du fait qu'il n'est corrélé à aucune variable temporelle en raison de leur important effet sur les chenilles dès les premières heures après application aussi bien à la dose qu'à la demi-dose. En analysant les différentes interactions entre les facteurs, on remarque qu'il n'y pas de toxicité manifestée envers les chenilles chez les anthocyanes de *L. camara* d'une part et que les c-glycosyls flavones affichent une très forte toxicité caractérisée par un effet de choc prolongé sur les chenilles sur une durée de 3 jours dans les conditions de laboratoire. Par ailleurs, la toxicité des flavonoïdes est moyenne mais elle augmente considérablement au bout de 7 jours après application (Figure 4).

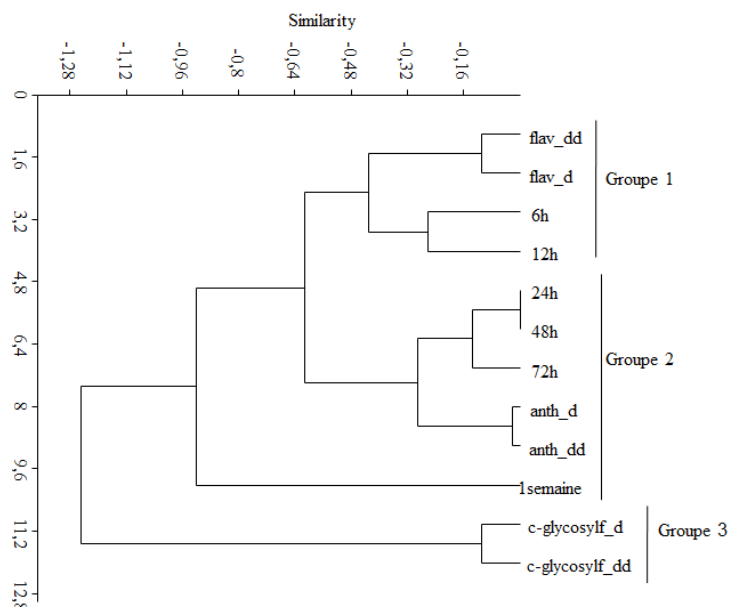


Figure 3. Groupes issus de la classification hiérarchique obtenue sur la base des distances euclidiennes entre les variables traitements et temps.

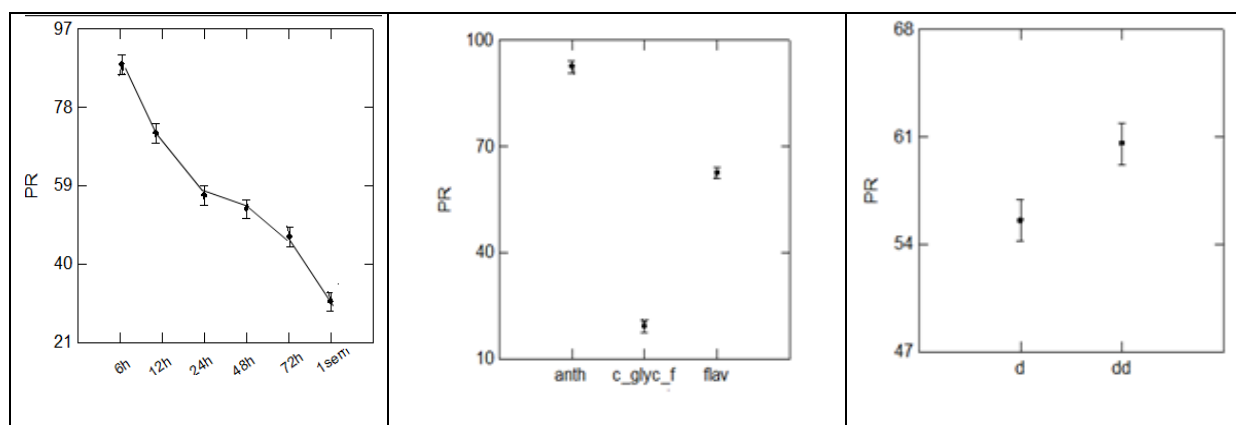


Figure 4. Variabilité de la toxicité des principes actifs issus de l'extrait foliaire de *Lantana camara* sur les populations résiduelles de *T. pytiocampa* en fonction du temps et de la dose (anth : anthocyanes, c_glyc_f : C glycosyls flavones, d : dose de la solution initiale, dd : demi-dose, PR : populations résiduelles).

4. DISCUSSION

Ce travail a porté sur les possibilités de traitement hivernal de la processionnaire du pin. Nous avons mis en évidence une différence d'efficacité entre les trois types de traitements. La mortalité immédiate a été contrôlée par des dénombrements des chenilles après la date de traitement et la mortalité différée de 24 heures à 7 jours. Il a été constaté, tout d'abord, une augmentation des taux de mortalité des chenilles de la première à la quatrième observation, donc la mortalité augmente avec le temps. Les résultats des essais des extraits aqueux par agitation des feuilles de *Lantana camara* peuvent avoir une possibilité insecticide avec un effet répulsif très remarquable et sont intéressants du fait qu'ils représentent une première initiative de recherche sur une plante peu étudiée dans notre pays. L'action de la toxine de *Bacillus thuringiensis* Berliner ssp. *kurstaki* (Btk) au niveau de la mortalité larvaire a été évidente. Nos résultats obtenus sur le terrain ont montré un taux d'efficacité global du (BtK) de 64 % sur les quatre sujets d'arbres traités. Au niveau cellulaire, des chercheurs ont montré que les fractions actives des δ -endotoxines se fixent sur des récepteurs spécifiques présents à la surface des microvillosités des cellules épithéliales de l'intestin moyen des larves. La liaison de la toxine aux récepteurs des cellules épithéliales, et l'insertion dans la membrane apicale permettent la formation de pores membranaires conduisant à la mort de l'insecte (Jenkins et al., 2000). La lyse des cellules

épithéliales conduit à une paralysie du système digestif de l'insecte qui cesse rapidement de s'alimenter. Les insectes cessent habituellement de se nourrir dans les heures qui suivent leur exposition au Btk et meurent habituellement 2 à 5 jours plus tard, phénomène ayant été largement documenté dans la littérature. En général, le Bt perd 50% de son potentiel insecticide en l'espace de 1 à 3 jours. Certains chercheurs ont cependant fait état d'une activité résiduelle plus longue (10 jours) (McLeod et al., 1983 ; Beckwith et al., 1987) les extraits aqueux des feuilles obtenus par agitation de la solution de poudre sèche de *Lantana camara* ont présenté une activité insecticide contre les larves de la chenille processionnaire du pin qui a pu atteindre 57% de mortalité. Nous avons constaté que le traitement a eu un effet répulsif très important. *Lantana camara* a été mentionné comme ayant une activité insecticide contre les organismes nuisibles des denrées stockées, contre les ravageurs des cultures maraîchères, les larves de moustiques, ainsi qu'une activité antifongique et répulsive. Des extraits des fleurs de *L. camara* ont montré un effet répulsif sur les moustiques du genre *Aedes*. De même que les extraits des feuilles ont montré une activité insecticide et allélopathique alors que l'huile essentielle de cette plante présente une activité qui ressemble à l'activité de l'hormone juvénile (Barre et al., 2000 ; Ghisalberti, 2000 ; Dua et al., 2003)

Les lantadènes présentes dans toutes les variétés de *L. camara*, seraient responsables de presque toutes les activités biologiques (Barre et al., 1997) Les résultats de plusieurs autres études supportent l'hypothèse que la vulnérabilité des insectes envers les entomopathogènes peut être influencée par les composés allélochimiques des plantes hôtes ingérées (Shepard et Dahlman, 1988 ; Appel et Schultz, 1994) Ces auteurs signalent que les tannins purifiés du chêne inhibent le Thuricide (une formulation commerciale de *Bacillus thuringiensis* var. *kurstaki*) pour *Lymantria dispar* L. Individuellement, les tannins et la toxine de Btk augmentent la mortalité des larves de la tordeuse des bourgeons de l'épinette. Par contre, lorsqu'ils sont ensemble, ces composés ont des effets antagonistes.

Les propriétés antimicrobiennes des flavonoïdes vis-à-vis de différents micro-organismes pathogènes ont été mises en évidence par différents travaux (Taguri et al., 2004; Takahashi et al., 2004 ; Yadava et Tiwari, 2005). Les C- glycosyls- flavones contenus dans la Verbenaceae *L. camara* sont antibactériens selon Verma et al. (1997). D'une manière générale, nous avons rapporté une différence entre l'efficacité des trois types de traitements. Cette différence d'action pourrait être expliquée par le fait que le Bt agit par ingestion alors que l'extrait aqueux de *Lantana* a un effet répulsif sur les larves. En effet, il est connu que les chenilles de la processionnaire du pin sont très voraces. Le taux de mortalité augmente d'autant plus que les chenilles s'alimentent des aiguilles de pin. Contrairement, en raison de la répulsivité due à l'effet de l'extrait aqueux, la voracité des larves diminue. Sur le terrain, nous avons constaté qu'au niveau des arbres traités par le Bt, les aiguilles ont été beaucoup plus consommées alors que les aiguilles au niveau des arbres traités par l'extrait aqueux seul ou combiné avec le Bt, n'ont pas été consommées.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Abbott W.S., (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. J Econ Entomol; 18: 265-266.
- Ali-Emmanuel N., Moudachirou M., Akakpo A.J. et Quetin-Leclercq J., (2002). Activités antibactériennes *in vitro* de *Cassia alata*, *Lantana camara* et *Mitracarpus scaber* sur *Dermatophilus congolensis* isolé au Bénin. Revue Elev. Méd. vét. Pays trop. 55(3) : 183-187.
- Appel, H.M. et Schultz, J.C., (1994). Oak tannins reduce effectiveness of thuricide (*Bacillus thuringiensis*) in the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae). *Journal of Economic Entomology*, 87: 1736-1742.
- Barre J.T., Bowden B.F., Coll J.C., De Jesus J., De La Fuente V.E., Janairo G.C. et Ragasa C.Y., (1997). A bioactive triterpene from *Lantana camara*. *Phytochem*, 4: 321-324.
- Beckwith, R.C. et Stelzer, M.J. 1987. Persistence of *Bacillus thuringiensis kurstaki* in two formulations applied by helicopter against western spruce budworm (Lepidoptera: Tortricidae) in northcentral Oregon. J. Econ. Entomol. 80: 204-207.
- Cavelier A., (1976). Cours phytopharmacie. Ed. I.N.A., El-Harrach, T1. 514 p.
- Dua V.K., Pandey A.C., Singh R., Sharma V.P. et Subbarao S.K., (2003). Isolation of repellent ingredients from *Lantana camara* (Verbenaceae) flowers and their repellency against *Aedes mosquitoes*. J. Appl. Entomol; 127 : 509-511.

- Ghisalberti E.L., (2000). *Lantana camara* L. (Verbenaceae). Fitoterapia, 71: 467-486.
- Hammer Ø., Harper D.A.T. et Ryan P.D., (2001). PAST: Palaeontological Statistic software package for education and data analysis. <http://folk.uio.no/ohammer/past>, Palaeontologica Electronica 4(1): 9 p.
- Jenkins J.L., Lee M.K., Valaitis A.P., Curtiss A. et Dean D.H. (2000). Bivalent sequential binding model of a *Bacillus thuringiensis kurstaki* toxin to Gypsy moth aminopeptidase N Receptor. Journal of Biological Chemistry 275: 14423-14431.
- Kaabeche M., (2007). Biodiversité floristique et plantes médicinales en Algérie. Recueil des résumés du symposium international sur le médicament de phytothérapie et plantes médicinales. Université Mentouri de Constantine (Algérie), 25p.
- Martin, J. C. et Bonneau, X., (2006). *Bacillus thuringiensis kurstaki*, 30 years of control of cluster caterpillars. Phytoma 590, 4-7.
- McLeod, P.J., Yearian, W.C. et Young, S.Y. (1983). Persistence of *Bacillus thuringiensis kurstaki* on second year lobolly pine cones. Environ. Entomol. 12: 1190-1192.
- Sharma OP, Makar HPS et Dawra RK., (1988). GC-MS analysis of *Lantana camara* L. leaves. International Journal of Pharma Research and Development: 63-66.
- Shepard, M. et Dahlman, D.L., (1988). Plant induced stresses as factors in natural enemy efficacy. In: Plant stresses insect interactions (Ed.) E.A. Heinrich. John Wiley & Sons, New York, pp. 263-330.
- Taguri T., Tanaka T. et Kouno I. (2004). Antimicrobial activity of 10 different plant polyphenols against bacteria causing food-borne disease. *Biol. Pharm. Bull.* 27 (12): 1965-1969.
- Takahashi T, Kokubo R. et Sakaino M. (2004). Antimicrobial activities of eucalyptus leaf extracts and flavonoids from *Eucalyptus maculata*. *Lett. Appl. Microbiol.* 39 (1): 60-4.
- Yadava R.N. et Tiwari L. (2005). A potential antiviral flavone glycoside from the seeds of *Butea monosperma*. *O. Kuntze. J. Asian. Nat. Prod. Res.* 7 (2): 185-188.
- Verma D.K., Singh S.K. et Tripathi V. (1997). A rare antibacterial flavone glucoside from *Lantana camara*. *Indian Drugs.* 34 : 32-35.
- Zamoum M. et Demolin G. (2005). The life cycle of the pine processionary caterpillar in the bioclimatic conditions of a sub-Saharan region. *Int. Nat. Rech. Agronom. France éditions*, Paris France, 107-116.